

SCHRIFTEN ZUR  
EMPIRISCHEN WIRTSCHAFTSFORSCHUNG

Herausgegeben von Peter M. Schulze und Peter Winker

20

---

Jörg Böttcher

Möglichkeiten  
einer Projektfinanzierung  
bei CSP-Vorhaben

---

PETER LANG  
Internationaler Verlag der Wissenschaften

## 2. Begriffliche Abgrenzungen

### 2.1. Bedeutung von CSP-Vorhaben im Kontext der Erneuerbaren Energien

Der folgende Abschnitt 2.1 basiert in Teilen auf meiner Publikation „Finanzierung von Erneuerbare-Energien-Vorhaben“ (Kapitel 2.1), wobei die Aspekte, die Bezug auf CSP-Vorhaben nehmen, neu hinzu gekommen sind<sup>17</sup>.

Spricht man über Erneuerbare Energien, hat man regelmäßig eine Fülle unterschiedlicher Nutzungsoptionen vor Augen. Das gilt für die verschiedenen Quellen, die zum Einsatz kommenden Technologien und die Verwendungsarten. Als Energiequellen können derzeit das Sonnenlicht, die Windenergie, die Wasserkraft, Biomasse und Erdwärme genutzt werden. Unter der Nutzung von Erneuerbaren Energien kann ein Prozess der Energiewandlung in Strom und Wärme verstanden werden, dem aus Quellen wie der Sonne, dem Wind oder der Erdwärme ständig Primärenergie zugeführt wird, ohne dass dabei begrenzte Ressourcen verbraucht werden. Entscheidend ist dabei aber das Prinzip der Nachhaltigkeit, d.h. dass eine Ressource nicht stärker beansprucht wird, als sie sich regenerieren kann<sup>18</sup>.

Tabelle 1: Übersicht über Art und Nutzungsformen Erneuerbarer Energien<sup>19</sup>

Primärenergiequelle	Erscheinungsform	Natürliche Energieumwandlung	Technische Energieumwandlung	Sekundärenergie
Sonne	Biomasse	Biomasse-Produktion	Heizkraftwerk/Konversionsanlage	Wärme, Strom, Brennstoff
	Wasser	Verdunstung, Niederschlag, Schmelzen	Wasserkraftwerk	Strom
	Wind	Atmosphärenbewegung	Windenergieanlage	Strom
		Wellenbewegung	Wellenkraftwerk	Strom
		Meeresströmung	Meeresströmungskraftwerk	Strom
	Solarstrahlung	Erwärmung der Erdoberfläche und Atmosphäre	Wärmepumpen	Wärme
			Meereswärmekraftwerk	Strom
		Fotovolt	Brennstoff	
		Solarzelle, PV-Kraftwerk	Strom	
Mond	Gravitation	Gezeiten	Gezeitenkraftwerk	Strom
Erde	v.a. Isotopen-Zerfall	Geothermik	Geothermisches Heizkraftwerk	Wärme, Strom

17 J. Böttcher 2009, S. 9-11.

18 Das Konzept der Nachhaltigkeit geht politisch auf die Arbeit der BRUNDTLAND-Kommission, in seiner ethischen Fundierung wesentlich auf die Arbeit von HANS JONAS: „Das Prinzip Verantwortung“ zurück.

19 BMU 2009, S. 7.

Die Unterscheidung in diese unterschiedlichen Betrachtungsarten der Erneuerbaren Energien dient einerseits der Klassifizierung dieser Energieformen. Andererseits ermöglicht sie, den Anknüpfungspunkt der politischen Förderung und die technische Seite ihrer Nutzung darzustellen, die wiederum bei der Ausgestaltung des spezifischen Risikomanagements entscheidend ist.

Als Einstieg in die Bedeutung der Erneuerbaren Energien bietet sich ein Blick auf die Entwicklung und Struktur des globalen Primärenergieverbrauchs bis zum Jahr 2006 an:

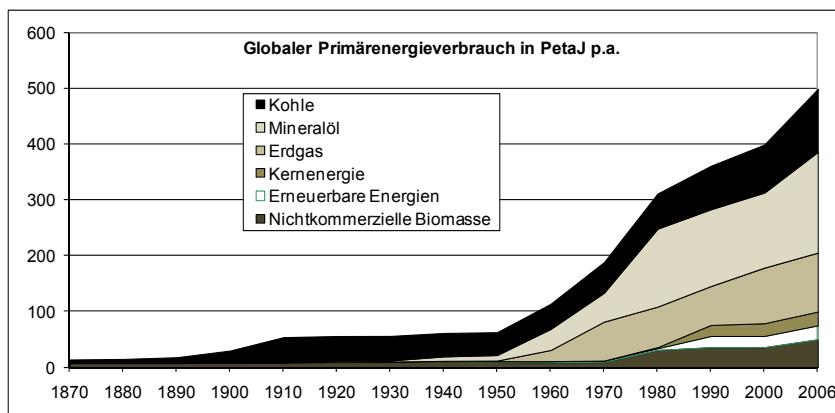


Abbildung 5: Globaler Primärenergieverbrauch (1870 bis 2006)<sup>20</sup>

Zunächst zeigt die Abbildung 5, dass sich die weltweite Energieversorgung wesentlich auf die endlichen fossilen Energieträger Mineralöl, Erdgas und Kohle stützt. Selbst bei einem raschen Umsteuern werden diese traditionellen Energieträger auch in den nächsten Jahrzehnten unverzichtbar sein. Damit rückt aber die Frage nach den noch verfügbaren Ressourcen und den Reichweiten dieser Energieträger in den Fokus der Betrachtung. Bei den Reserven handelt es sich um die Energiemengen, die mit den heutigen technischen Möglichkeiten wirtschaftlich abbaubar sind. Ressourcen sind Mengen, die entweder zwar nachgewiesen, aber nicht wirtschaftlich abbaubar sind oder aus geologischen Gründen in einem bestimmten Gebiet vermutet werden können. Die Reserven der fossilen Energieträger entsprechen dem 80fachen des derzeitigen jährlichen Weltenergieverbrauchs, wobei Kohle etwa die Hälfte ausmacht. Erdöl ist mit 18 % der noch vorhandenen Reserven am weitesten ausgebaut. Vergleicht man den derzeitig-

gen Anteil von Erdöl von 38 % an der globalen Energieversorgung, wird klar, dass sowohl auf die schwerer zugänglichen Ölreserven als auch auf die teureren Ressourcen zugegriffen werden muss<sup>21</sup>.

Die sich abzeichnende Verknappung fossiler Energieträger spiegelt sich auch in den statischen Reichweiten dieser Energie wider. Die Tabelle 2 vermittelt einen Eindruck von der Verfügbarkeit verschiedener Energieträger aus deutscher Sicht. Man kann sich trefflich über die statischen und dynamischen Reichweiten unterschiedlicher Energieträger streiten. Fest steht, dass fossile Energieträger endlich sind und so weit wie möglich für nachfolgende Generationen geschont werden sollten. Auch sollte man in dem Zusammenhang nicht übersehen, dass Kohle, Öl und Gas nicht nur zur Energieumwandlung eingesetzt werden können, sondern wertvolle Rohstoffe für den medizinischen und pharmazeutischen Bereich darstellen.

*Tabelle 2: Importquote, Lieferrisiko und Reichweite ausgewählter Energieträger<sup>22</sup>*

Energieträger	Importquote 2007 in %:	Lieferrisiko:	Statische Reichweite in Jahren:	Anteil am Primärenergie- verbrauch in % (2008):	Anteil an der Bruttostrom- erzeugung im Jahr 2008:
Braunkohle	-1,0	gering	200	11,1	23,5
Steinkohle	67,2	gering	125	13,1	20,1
Uran	100,0	gering	25 - 166	11,6	23,3
Erdgas	83,1	relevant	60	22,1	13,0
Mineralöl	94,3	gering	41	34,7	1,6
Erneuerbare Energien	0,0	sehr gering	unendlich	7,4	15,1

Deutschland ist in einem hohen Maße von Energieimporten abhängig: Lediglich 27 % der im Inland verbrauchten Energie wird auch im Inland erzeugt. Besonders hohe Abhängigkeiten bestehen beim Mineralöl und beim Erdgas. Der Anteil ausländischer Lieferanten beim Mineralöl liegt bei 97,3 % und beim Erdgas bei 84,1 %. Der Ausstieg aus der inländischen Steinkohleförderung hat zudem dazu geführt, dass mittlerweile 72,3 % der im Inland verbrauchten Steinkohle importiert wird<sup>23</sup>.

Gleichzeitig wird damit klar, dass auch im globalen Kontext eine sukzessive Substitution der traditionellen Energieträger durch erneuerbare Energien unverzichtbar wird.

21 BMU 2009, S. 10.

22 AGEB 2009, S. 12 f. Die statische Reichweite bei Uran ist schwer abschätzbar, da sie u.a. vom Brennstoffkreislauf, dem eingesetzten Reaktortyp und der Kernbeladungsstrategie abhängt.

23 AGEB 2009, S. 13.

Dieses Bild ist in den Kontext einer nachhaltigen Energieversorgung zu stellen, die auf den drei Säulen einer sicheren, preisgünstigen und ökologisch verträglichen Energieversorgung fußt (siehe die folgende Abbildung 6).



Abbildung 6: Säulen der Energiepolitik<sup>24</sup>

Ihre Gewichtung wird national jeweils unterschiedlich ausfallen und kann sich im Zeitablauf durchaus ändern. Versorgungssicherheit ist eng verknüpft mit der Verfügbarkeit von Ressourcen und damit auch mit dem Aspekt der Ressourcenschönung<sup>25</sup>.

Welche Rolle spielen Erneuerbare Energien für die Energieversorgung? Die Erneuerbaren Energien haben ihren Anteil am Primärenergieverbrauch gesteigert, gleichzeitig ist ihre absolute Bedeutung mit 6,5 % aber immer noch verhältnismäßig gering ist. Gleichwohl ist erkennbar, dass der weltweite Energiebedarf in den nächsten 40 Jahren so stark steigen wird, dass selbst der Zuwachs nicht über die Erneuerbaren Energien aufgefangen werden kann (siehe hierzu Abbildung 4).

Die genannten energiepolitischen Sachzwänge überführen sich in energiepolitische Ziele. Zentral für die Perspektive der Erneuerbaren Energien sind die zugrunde liegenden politischen Grundsatzentscheidungen zu einer Energieversorgung. Dabei kommt den Effizienzzielen sowohl auf Ebene der EU als auch der der Mitgliedsstaaten herausragende Bedeutung zu<sup>26</sup>:

24 J. Böttcher; P. Blattner 2006, S. 80.

25 Wir werden in Kapitel 5.3.5 darstellen, inwieweit CSP-Vorhaben einen Beitrag zur Erfüllung dieser Ziele leisten können.

26 Dargestellt ist aus deutscher Sicht das Integrierte Klima- und Energieprogramm (IKEP), in dem die Eckpunkte zur Umsetzung der im April 2007 gesetzten Energie- und Klimaziele definiert werden. Das Bundeskabinett hat im Dezember 2007 ein erstes Maßnahmenpaket mit 14 Vorhaben vorgelegt, das die Vorgaben des IKEP konkretisiert.

Tabelle 3: Energieeffizienzziele in der EU und Deutschland (e.D.)

	EU	Deutschland
<b>Anteil Erneuerbare Energien am Endverbrauch</b>	20 % im Jahr 2020	25-30 % im Jahr 2020
<b>Anteil Biokraftstoffe am Endverbrauch</b>	10 % im Jahr 2020	12 - 15 % im Jahr 2020 (seit 10/2008: CO <sub>2</sub> -Minderung durch Biokraftstoffe um 7 %)
<b>Reduktion des Primärenergieverbrauchs</b>	..um 20 % bis 2020	
<b>Reduktion des Treibhausgasausstoßes</b>	..um 20 % bis 2020 (Referenz: 1990)	..um 40 % bis 2020 (Referenz: 1990)

Inzwischen wurden in 18 EU-Mitgliedsstaaten Einspeisevergütungsmodelle etabliert, wobei die Länder mit Einspeiseregelung gegenüber solchen mit einer Quotenregelung deutlich dominieren. Die beiden wesentlichen Vergütungsmodelle für den Bereich Photovoltaik und Solarthermie werden in Kapitel 5.3.5 vorgestellt.

Getragen wurde die positive Entwicklung der Erneuerbaren Energien in Deutschland durch die Mindestvergütungssätze des EEG. Ohne die finanzielle Förderung nach dem EEG sind die Erneuerbaren Energien gegenüber der konventionellen Stromerzeugung im Regelfall noch nicht konkurrenzfähig. Dies gilt für unterschiedliche Sparten in unterschiedlichem Maße. Dabei nähert sich die Windkraft an Land am ehesten der Wettbewerbsfähigkeit, während die Photovoltaik davon noch vergleichsweise weit entfernt ist. Neben den betriebswirtschaftlichen Kosten müssen in einer volkswirtschaftlichen Betrachtung die externen Effekte der Erneuerbaren Energien, aber auch der traditionellen Energien betrachtet werden<sup>27</sup>.

Angesichts der Ziele auf EU-Ebene ist es erforderlich, dass das Wachstum der Erneuerbaren Energien insbesondere bei der Strom- und Wärmebereitstellung in den nächsten Jahren beibehalten wird bzw. auf der Wärmeseite noch deutlich gesteigert wird, da diese Bereiche bisher noch eine deutlich effizientere Nutzung regenerativer Energiequellen ermöglichen als etwa biogene Kraftstoffe.

Die Herausforderungen für die Weiterentwicklung Erneuerbarer Energien liegen darin, einerseits ihre Systemintegration zu gewährleisten und andererseits sicherzustellen, dass sie sich langfristig aus eigener Kraft an den Märkten etablieren. CSP-Vorhaben müssen dabei im besonderen Maße Antworten auf diese Anforderungen finden.

---

27 Siehe hierzu das Kapitel 3.5.

In liberalisierten Strommärkten ist es ein wirtschaftliches Ziel von Stromerzeugern, Stromtransporteuren und -verteilern, den Strombedarf der Endkunden jederzeit zu decken, ohne dabei eine überdimensionierte Reserveleistung vorzuhalten oder umgekehrt Gefahr zu laufen, einen Engpass zu erleiden. Ebenso wie Laständerungen auf der Verbraucherseite stellt die fluktuierende Einspeisung aus Erneuerbaren Energieträgern ins Stromnetz auf Erzeugerseite ein Problem dar. Das schwankende Angebot von Wind- und Sonnenenergie führt dazu, dass auf der Erzeugerseite zum Teil erhebliche Schwankungen entstehen. Biomassekraftwerke sowie weitgehend auch Laufwasserkraftwerke können dagegen flexibel betrieben werden oder stellen ein grundlastäquivalentes Energieangebot zur Verfügung.

Darüber hinaus ist die räumliche Wirkung der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien zu berücksichtigen. Dies gilt vor allem hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Stromnetze. Höhere Transportaufwendungen ergeben sich aus der zunehmend asymmetrischen Verteilung der Anlagen. Die meisten europäischen Netze sind so aufgebaut worden, dass von einzelnen, wenigen Versorgungszentren die Endkunden bis zur Peripherie bedient werden. Wind- und Solarenergie werden allerdings regelmäßig eher in der Peripherie erzeugt, wofür die Netze nicht notwendigerweise ausgelegt sind. Ganz besondere Anforderungen resultieren mit Blick auf die zu überbrückende Entfernung wie auf die zu erwartende Gesamtleistung zukünftig aus der Anbindung der CSP-Vorhaben an den Strom-Transport zu den Verbrauchsschwerpunkten.

Neben den Netzplanern stellt die fluktuierende Strombereitstellung aus Wind und Sonne die Kraftwerkseinsatzplanung vor hohe Anforderungen. Im Unterschied zu Lastschwankungen, für die sich aufgrund langjähriger praktischer Erfahrung Vorhersagesysteme etabliert haben, sind derartige Systeme für die Integration Erneuerbarer Energien noch vergleichsweise am Anfang. Die Energiewirtschaft hat sich in der Vergangenheit an die Besonderheiten zentraler Erzeugungsanlagen, wie z.B. der Kernenergie, angepasst, die in der Regel in Grundlast betrieben werden. Ebenso wird in Zukunft eine Anpassung an die Erfordernisse eines veränderten, dezentralen und heterogenen Anlagenparks erfolgen müssen. Die zukünftige Aufgabe der Kraftwerks- und Netzbetreiber ist, den Betrieb der einzelnen Erzeugungsanlagen so zu kombinieren, dass die Nachteile einzelner Technologien möglichst durch die Vorteile anderer Technologien ausgeglichen werden.

Der Ausgleich zwischen realer und prognostizierter Leistung erfolgt auf der Erzeugerseite im Bereich der Minutenreserve heute durch bewusst in Teillast gefahrene Mittellastkraftwerke oder schnellstartende Spitzenlastkraftwerke. Mit dieser Regelenergiebereitstellung ist auch ein erheblicher Aufwand verbunden.

Grundsätzliche Alternativen sind der Einsatz von Stromspeichern, das Lastmanagement, die Entwicklung von Hybridkonzepten sowie das Erzeugungsmanagement.

Für die zukünftig verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien ist die weitere Ausschöpfung von Kostendegressionspotentialen notwendig. Allein bei der Windenergie haben sich die spezifischen Kapitalkosten in den letzten beiden Jahrzehnten jeweils halbiert, weitere Kostensenkungen sind aber noch nötig. Die Möglichkeiten zur Kostenreduktion sind dabei vielfältig - sie bestehen aus Lerneffekten, Technologiesprüngen (z.B. der Blattform bei Windenergieanlagen oder dem Übergang auf Dünnschichtsolarzellen im Bereich der Photovoltaik) und einer dynamischen Marktentwicklung (Masseneffekte). Dies unterscheidet erneuerbare Energien von konventionell erzeugtem Strom, wo zwar auch technologische Verbesserungen einsetzen, die aber in ihrem Entwicklungszyklus weiter fortgeschritten sind, so dass dieser Prozess nun langsamer vor sich geht. Darüber hinaus ist zu bedenken, dass Effizienzfortschritte bei konventionellen Energieträgern durch zeitgleich steigende Preise bei den Energieträgern wieder kompensiert werden. Die mit dem Ausbau erneuerbarer Energien verbundenen Kosten hängen damit maßgeblich von der Entwicklung der fossilen Energieträgerpreise zusammen.

Mit Blick auf CSP-Vorhaben ergeben sich weitere Entwicklungsfelder, die vor einer weiteren Marktdurchdringung zu lösen sind. Um diese Entwicklungsfelder besser einschätzen zu können, ist es hilfreich, die verschiedenen Formen der Nutzung von Solarenergie kurSORisch vorzustellen. Der Bereich der Energiegewinnung durch Sonnenenergie umfasst drei unterschiedliche technologische Konzepte - die direkte Gewinnung von Strom (Photovoltaik), die Gewinnung von Wärme (Solarthermie) und die Photolyse. Die Photolyse, die Erzeugung von Wasserstoff aus Sonnenenergie, ist bisher nur in Laborversuchen untersucht worden, so dass sie derzeit nicht für eine kommerzielle Nutzung in Frage kommt und im Folgenden nicht betrachtet wird.

Die direkte Umwandlung von Energie aus Sonnenlicht in Elektrizität wird als Photovoltaik bezeichnet. Die technische Grundlage ist der im Jahre 1839 von ALEXANDER BECQUEREL entdeckte Fotoeffekt, unter dem die Freisetzung von Ladungsträgern durch Lichteinstrahlung verstanden wird. Die Technik der Photovoltaik wird seit über hundert Jahren verwendet und ist heute in den verschiedensten Größenordnungen und Anwendungsgebieten zu finden. Neben der Stromversorgung für Konsumgeräte wird sie zur dezentralen Stromerzeugung für Haushalte eingesetzt und auch Satelliten werden durch Photovoltaik mit Strom versorgt. Grundsätzlich kann man sagen, dass die Methode der Projektfi-

nanzierung für den Bereich der Photovoltaik geeignet ist, wobei derzeit gewisse Einschränkungen hinsichtlich bestimmter Modultypen bestehen.

Bei der Solarthermie wird Sonneneinstrahlung in thermische Energie umgewandelt. Die dabei zum Einsatz kommenden Technologien gehen weit auseinander: neben der direkten Wärmenutzung kann die Technik auch zum Antrieb eines Stromgenerators genutzt werden. Während die Solarthermie im Bereich der Privathaushalte vor allem in Deutschland aufgrund des 100.000-Dächerprogramms im Jahre 1999 eine starke Verbreitung erfahren hat<sup>28</sup>, ist diese Technik in der kommerziellen Energieproduktion - je nach verwandtem Technologietyp - in einem unterschiedlich fortgeschrittenen Stadium, wobei Parabolrinnen-Kraftwerke am weitesten entwickelt sind (siehe Kapitel 5.3.2).

Viele Erneuerbare Energien haben sich in den letzten Jahren weltweit etabliert, wofür vor allem regelmäßig ihre technische Zuverlässigkeit und gute Planbarkeit von Cashflows verantwortlich gewesen sind. Wie genau die Finanzierung von CSP-Vorhaben erfolgen kann und welche Besonderheiten in diesem Zusammenhang zu beachten sind, werden wir in den folgenden Kapiteln darstellen.

## 2.2. Projektfinanzierung bei Erneuerbaren Energien

Das folgende Kapitel 2.2 ist in größeren Teilen aus meiner Publikation „Finanzierung von Erneuerbare-Energien-Vorhaben (Einleitung und Kapitel 2.4)“ entnommen<sup>29</sup>.

Je größer ein unternehmerisches Vorhaben, desto größer sind in aller Regel dessen Chancen, desto schwerwiegender aber auch die Folgen seines Scheiterns für diejenigen, die es finanziert oder sich anderweitig verpflichtet haben. Übersteigt ein Vorhaben die Finanzkraft oder Risikobereitschaft eines Unternehmens, erscheint das Vorhaben aber gleichwohl als wirtschaftlich attraktiv, so bietet es sich an, Chancen und Risiken auf mehrere Schultern zu verteilen und gegenüber den Kapitalgebern allein das Projekt mit seinem Cashflow haften zu lassen. Diese beiden zentralen Überlegungen - Cashflow-Orientierung einerseits und explizite Risikozuweisung zwischen den Projektbeteiligten andererseits - sind die zentralen Strukturelemente einer Projektfinanzierung.

Es ist das Vorhaben und dessen Cashflow, nicht aber ein bestimmtes Unternehmen, das für die Finanzierung gerade steht. Das Vorhaben muss daher ein geschlossener, in sich rechtlich, technisch und wirtschaftlich tragfähiger Kreis

---

28 In Spanien besteht für Neubauten die Pflicht, eine solarthermische Anlage zu errichten.

29 J. Böttcher 2009, S. 1-7 (Einleitung) und S. 19-25 (Kapitel 2.4).