

Windstrom vom Meer statt Atomrisiko

Zitate zusammengestellt aus:

Bundesamt für Energie: CO₂-neutraler Ersatz der Atomenergie, Zusatzbericht, April 2002

Infras: Co₂-neutraler Ersatz der Atomenergie, Inputs zu forcierter Windenergienutzung, Hrsg. Bundesamt für Energie, Verfasser: Stefan Kessler, Rolf Iten, April 2002

Prognos AG: Diskussionspapier: Ersatz der Kernenergie durch importierten Windstrom?, Verfasser Konrad Haker, Basel 2002

von Rudolf Rechsteiner, Nationalrat (SP/BS)

1.	<i>Das europäische Windpotential: viel grösser als der aktuelle Stromverbrauch.....</i>	2
2.	<i>Weshalb Off-shore-Anlagen?.....</i>	3
3.	<i>Transportkapazitäten: vorhanden</i>	4
4.	<i>Netzintegration: funktioniert.....</i>	5
5.	<i>Investitionskosten: 1200 Fr./kW statt 6000 Fr./kW für AKWs</i>	6
6.	<i>Die Gestehungskosten heute.....</i>	7
7.	<i>Die voraussichtlichen Gestehungskosten 2020</i>	8
8.	<i>Die Kosten frei Schweizer Grenze.....</i>	9
9.	<i>Windenergie: Gut für die Schweizer Wasserkraft!</i>	10
10.	<i>Gut für den Werkplatz Schweiz!</i>	11
11.	<i>Vorteile im integrierten Strommarkt.....</i>	12
12.	<i>Versorgungssicherheit verbessert.....</i>	13
13.	<i>Der Atomausstieg: kein Problem... ..</i>	14
14.	<i>...und erst noch billiger.....</i>	15
15.	<i>Kaum Konflikte mit der Umwelt.....</i>	16
16.	<i>Die getroffenen Annahmen</i>	17

1. Das europäische Windpotential: viel grösser als der aktuelle Stromverbrauch

**„Der Neubau von Windturbinen (...) erreicht Zuwachsraten, die noch vor Jahren für kaum möglich gehalten wurden. Ein Ende dieser Entwicklung ist derzeit nicht abzusehen“
(Prognos, S.3)**

**„Die technischen Potenziale für die Windenergienutzung in Europa sind immens.“
(Prognos, S. 6)**

**„Allein in der Nordseeregion wird das Potenzial für Offshore-Windenergie auf etwa 2000 TWh geschätzt.“
(Prognos, S. 7).
*(Der aktuelle Verbrauch der Schweiz lag 2001 bei 60 TWh, RR.)***

**“[Czisch 2002a] geht für diese Region sogar von 12'000 – 14'000 TWh aus.
Vergleicht man dies mit dem aktuellen Stromverbrauch der EU von rund 2'100 TWh (1997) und den insgesamt rund 52 TWh für die Schweiz, so wird deutlich, dass das Potenzial ausreichend sein wird für ein Szenario wie es dieser Arbeit zugrunde liegt, welches rund 25 TWh an Windstrom benötigt.

(Infras S. 5)**

2. Weshalb Off-shore-Anlagen?

„Für die Offshore-Windenergienutzung sprechen:

- **Höhere Windgeschwindigkeiten auf See im Vergleich zu Landstandorten:**
In der Nordsee herrschen in vielen Gegenden Windgeschwindigkeiten von über 8 m/s in 60m Höhe, die einen bis zu 40% höheren Energieausstoss gegenüber guten Landstandorten ermöglichen.
- **Geringere Belastungen durch die Windparks:**
Die teilweise massiven Eingriffe in das Landschaftsbild, Beeinträchtigungen durch Schall- und Lichtrelexemmissionen können durch Offshore-Windparks weitgehend vermeiden werden.
- **Knappheit von Landstandorten:**
In einigen Ländern Europas wird es zunehmend schwieriger, Genehmigungen für neue Windparks an Land zu bekommen. Die Gründe hierfür liegen auf der einen Seite beim Landschaftsschutz auf der anderen Seite in der relativ hohen Siedlungsdichte.“

(Prognos, S.7)

„Wegen der ungünstigen meteorologischen Verhältnisse und der schwierigen Landschaftsintegration im Inland ist es unrealistisch, dass im Inland bedeutende Kapazitäten an Windkraftwerksleistung aufgebaut werden.“

(Infras S. 14)

3. Transportkapazitäten: vorhanden

„Die Schweiz weist bereits heute gut ausgebaute Kapazitäten für den internationalen Stromaustausch auf.“

(Infras S. 9)

„Die Erstellung von neuen Hochspannungsleitungen über grosse Distanzen allein aufgrund der hier untersuchten Windstromimporte in die Schweiz ist unnötig.“

(BFE S.5)

„im Bereich der Netztechnik existiert in Form der Hochspannungs-Gleichstromübertragung (HGÜ) bereits heute eine marktgängige und breit eingesetzte Lösungen für die verlustarme Fernübertragung von grossen Leistungen. HGÜ Trassen erlauben den Transport über mehrere tausend Kilometer Strecke mit Verlustwerten von lediglich rund 4%/1'000 km bei Vollast.“

(Infras S. 6)

„Die Kosten der Stromübertragung auf der Hochspannungsebene liegen derzeit entfernungsunabhängig bei etwas über 1 Rp/kWh.“

(Prognos, S. 14)

„Wird als Extremfall angenommen, dass speziell für den Transport von Windenergie in die Schweiz eine HGÜ-Trasse mit 5 GW Nennleistung vom Nordseeraum in die Schweiz (angenommene Distanz 2000km, alles Freileitungen) gebaut werden müsste und dies keine Allgemeinlast darstellt, so wäre (...)vor Berücksichtigung der Übertragungsverluste mit Kapital- und Unterhaltskosten von rund 0.5 Rp./kWh zu rechnen.“

(Infras S. 18)

4. Netzintegration: funktioniert.

**„(...) das Risiko eines Netzzusammenbruchs bzw. Ausfall einzelner Übertragungskapazitäten besteht bereits heute und kann über die Bereitstellung von Reserve- und Notfallkapazitäten auf vergleichbarem Niveau gehalten werden.
(Infras S. 13)**

**„Inzwischen gibt es Netzbetreiber in Deutschland und Dänemark, welche zeitweise eine Penetration von Windenergie in ihren Netzen von 40 bis 50% zu verkräften haben. Trotzdem konnten die Probleme mit der Netzintegration bisher auf einem unterkritischen Niveau gehalten werden, und ohne dass wesentliche Zusatzinvestitionen auf Seiten der Netzbetreiber für Reservehaltung, und Übertragungskapazitäten notwendig gewesen wären.“
(Infras S. 7)**

**„Weil bei schwachem und sehr starkem Wind die Windenergie nicht zur Verfügung steht, müssten im Vergleich zu einem konventionellen Kraftwerkpark zusätzliche Reservekapazitäten bereitgestellt werden, um die Stromversorgung sicherzustellen. Eine geografisch optimierte Verteilung der Windenergieanlagen in Europa würde dieses Problem entschärfen (...).“
(BFE S.5)**

**„Gemäss einer Untersuchung von Czisch tritt eine Verfügbarkeit von Windenergie durch die Vernetzung von Windparks auf europäischer Ebene von unter 20 % mit einer Wahrscheinlichkeit von 37 % auf. Werden Windparks auf transeuropäischer Ebene vernetzt, reduziert sich diese Wahrscheinlichkeit auf etwa 10 %. Für den Umfang der vorzuhaltenden Reserveleistung wird vor diesem Hintergrund unterstellt, dass die Reserveleistung 30 % der für den Import benötigten Windenergieleistung betragen muss.“
(Prognos, S. 14)**

**„Der Reserveleistungsbedarf liegt demnach bei etwa 1200 MW in 2020 und etwa 3000 MW im Jahr 2030. Bei Investitionskosten von 400 CHF / kW und Instandhaltungskosten von 12 CHF / kW ergeben sich damit im Jahr 2020 Kosten für die Reservevorhaltung in Höhe von 33 Mio CHF, im Jahr 2030 von 84 Mio CHF. Dies entspricht etwa 0.3 Rp/kWh Windstrom.“
(Prognos, S. 14)**

5. Investitionskosten: 1200 Fr./kW statt 6000 Fr./kW für AKWs

**„Gegenüber 1990 sind die Kosten für Windenergieanlagen um fast 50 % zurückgegangen.“
(Prognos, S. 11)**

**„Die weltweit kostengünstigsten Projekte (Onshore) werden heute mit Investitionskosten von rund 1'200 CHF/kW realisiert.“
(Infras S. 14)**

„Unter der Annahme, dass je zur Hälfte Energie aus On- und Offshore-Anlagen bezogen wird, ergeben sich für das hier betrachtete Szenario mit rund 8'500MW installierter Leistung Investitionsvolumina von rund 15 Milliarden CHF.“

Das Atomkraftwerk Leibstadt verbuchte 1984 Investitionskosten von 6000 SFr./kW (insgesamt 6 Mrd. Fr.). Bei Atomkraftwerken kommen dazu weiter Brennstoffkosten, Entsorgungskosten, Personalkosten – Kosten, welche bei der Windkraft nicht anfallen. Deshalb unterbietet die Windenergie die Kosten neuer Atomkraftwerke deutlich. (R.R.)

6. Die Gestehungskosten heute

Der folgende Spiegel von Zitaten zeigt, dass sich die Experten bei den Kosten nicht immer einig sind, ja dass selbst im selben Bericht unterschiedliche Kostangaben auftauchen.

Dies hat zu tun mit unterschiedlichen Windqualitäten, Finanzierungsbedingungen und Annahmen betreffend der weiteren Kostendegression.

Infras S.17

Energiegestehungskosten aus Windenergieanlagen						
Standort	Realisierungsjahr	Leistung	Gestehungskosten pro kWh	Umrechnungsfaktor	Gestehungskosten CHF/MWh	Quelle
Montana Power Corp. (USA)	2003	150MW	0.032 USD	1.7	54	Wind Energy Weekly 2002
Nevada Utilities	> 2003	3'000 MW	0.04-0.05 USD	1.7	68 - 85	Wind Energy Weekly 4.1.2002
Texas	2002	n.s.	< 0.05 USD	1.7	85	Windpower Monthly 2001:47
Middelgrunden (DK), Offshore	2000	50	0.060 €	1.46	88	CA-OWEE 2001, p.6-11
Horn Rev (DK), Offshore	2002	160	0.047 €	1.46	69	CA-OWEE 2001, p.6-12
Rodsand (DK), Offshore	2002	155	0.048 €	1.46	70	CA-OWEE 2001, p.6-12
Laeso Syd (DK)	2003	150	0.048 €	1.46	70	CA-OWEE 2001, p.6-12
Nearshore (NL), Offshore	2003	100	0.080 €	1.46	117	CA-OWEE 2001, p.6-12
Omo Stalgrunde (DK), Offshore	2004	150	0.050 €	1.46	73	CA-OWEE 2001, p.6-12
Prognose Onshore	2020	n.s.	0.015-0.025 GBP	2.4	36 - 60	PIU 2001, PIU 2002
Prognose Offshore	2020	n.s.	0.02-0.03 GBP	2.4	48 - 72	PIU 2001, PIU 2002
Prognose Offshore	2020	n.s.	0.115 DEM	0.82	95	NEA 2001, p. 43

Tabelle 1 Beispiele für Energiegestehungskosten am Netzeinspeisepunkt aus realisierten oder geplanten On- und Offshore-Anlagen sowie Prognosewerte für das Jahr 2020

„[Es] wird ersichtlich, dass bereits heute sowohl bei Onshore- als auch bei Offshore-Anlagen bei guten Standorten mit Energiegestehungskosten am Netzeinspeisepunkt von 5 bis 8 Rappen pro kWh gerechnet werden kann.“ (Infras S. 16)

„Für Offshore-Windparks an guten Standorten (3500 Vollaststunden, 40 m Wassertiefe, 30 km Entfernung zur Küste) werden in den Studien die Kosten mit 4.5 €/kWh bis 5.5 €/kWh angegeben.¹ Die Kosten der Offshore-Anlagen liegen also auf einem ähnlichen Niveau wie die der Onshore-Anlagen.“
(Prognos, S. 11)

¹ Dies entspricht bei einem Eurokurs von Sfr. 1.45 zwischen 6.5 und 7.9 Rp./kWh (RR)

7. Die voraussichtlichen Gestehungskosten 2020

**„Eine aktuelle und detaillierte Studie im Auftrag der britischen Regierung [PIU 2002, PIU 2001] kommt zum Schluss, dass im Jahr 2020 Gestehungskosten aus Onshore-Anlagen von 3.5 bis 6 Rp. pro kWh und aus Offshore-Anlagen zu 4.8 bis 7.2 Rp./kWh erwartet werden können.“
(Infras S. 16)**

**„[Es] ergibt sich eine hohe Bandbreite für die Prognosewerte der Gestehungskosten am Netzeinspeisepunkt von 3.5 bis 9.5 Rp./kWh, abhängig von der eingesetzten Technologie (On- oder Offshore), der Qualität eines Durchschnittsstandorts und den Parametern für die Projektfinanzierung.“
(Infras S. 16)**

**„Für das Jahr 2020 erwartet Infras Gestehungskosten von 6 bis 7 Rp./kWh.“
(BFE S. 3)**

**„Die technischen Entwicklungen und Potenziale für Kostenreduktionen sind noch bei weitem nicht ausgeschöpft.“
(Infras S. 6)**

**Nach Ansicht des BFE „könnten sich die Gestehungskosten im Jahr 2020 im Bereich von 6 bis 10 Rp./kWh bewegen.“
(BFE S.5)**

8. Die Kosten frei Schweizer Grenze

Zusammenstellung der erwarteten Stromkosten aus Windkraftanlagen im Jahr 2020	
Kostenkomponente	Rp. / kWh
Erwartungswert für Gestehungskosten am Netzeinspeisepunkt (je 50% On-/Offshore)	6.0 – 7.0
Übertragungsverluste u. Einspeisebeschränkungen (20% der Gestehungskosten)	1.2 - 1.4
Zusatzkosten für Regel- und Ausgleichsenergie	0.5
Total rund	7.7 –8.9

Tabelle 2 Erwartete Gestehungskosten ab Schweizer Grenze für Strom aus Windfarmen im Jahr 2020

Infras S.19

„Ausgehend vom oben aufgeführten Erwartungswert der Gestehungskosten für Windenergie am Netzeinspeisepunkt von 6.0 bis 7.0 Rp./kWh resultieren Kosten von Windstrom frei Schweizer Grenze von 7.7 bis 8.9 Rp./kWh.“
(Infras S. 19)

„Eine weitere Kostenkomponente ergibt sich aus den Übertragungsverlusten beim Energietransport und durch Produktionsausfälle infolge von Einspeisebeschränkungen. Bei einer hohen Penetration von Windenergie im Netz muss in Zukunft wegen Aspekten des Netzmanagement mit gewissen Einspeisebeschränkungen gerechnet werden. Dies führt dazu, dass nicht 100% der eigentlich realisierbaren Produktion eingespeisen werden kann, was einem Verlust gleich kommt. Für die folgende Kostenübersicht wird angenommen, dass sich die gesamten Verluste auf rund 20% belaufen.“
(Infras S. 18)

„Aufgrund der heute vorliegenden Unterlagen und Prognosen können jedoch sowohl ein deutlich optimistischeres als auch ein deutlich pessimistischeres Szenario nicht völlig ausgeschlossen werden. Wir schätzen den Minimalwert gemäss den vorhandenen Studien auf 4.8 Rp./kWh und den Maximalwert auf 11.9 Rp./kWh.“
(Infras S. 19)

9. Windenergie: Gut für die Schweizer Wasserkraft!

„Im Rahmen einer grossflächigen Windenergiestrategie der Schweiz und des nahen Auslandes würden die schweizerischen Wasserkraftwerke aufgrund der steigenden Nachfrage nach Ausgleichs- und Regenergie bedeutend aufgewertet.“

(Infras S. 8)

„Berücksichtigt man, dass bei den klimatischen Bedingungen in Europa typischerweise rund zwei Drittel der Energieproduktion aus Windenergieanlagen im Winterhalbjahr anfällt [Czisch 2000], dann wird durch eine solche Anlagenleistung [von 8400 MW] die deutlich höhere Winterlücke beinahe ausgeglichen.“

(Infras S. 4)

10. Gut für den Werkplatz Schweiz!

„Für den Aufbau von rund 9'000 MW Windleistung zwischen 2015 und 2030 (...) ergeben sich rund 20'000 bis 35'000 Personenjahre innert 15 Jahren oder 1'300 bis 2'300 Arbeitsplätze, welche direkt mit der Windindustrie in Verbindung stehen.“

(...)

„Andere Quellen [DWTMA 1996, BWEA 1995] kommen zu deutlich höheren spezifischen Beschäftigungseffekten von rund 22 Personenjahren pro MW unter Berücksichtigung der indirekten Effekte. Dies würde für das hier untersuchte Szenario bei 20% Wertschöpfungsanteil in der Schweiz rund 70'000 Personenjahre ergeben.“

(Infras S. 20)

„Gemäss Angaben von ABB New Venture Tech, welche sich auf ein Vorprojekt für eine 700MW Offshore-Windfarm beziehen, kann davon ausgegangen werden, dass die Schweizer Industrie heute Lieferanteile im Umfang von rund 40% der Wertschöpfung abdecken kann.“

(Infras S. 15)

„Die HGÜ-Technik wird heute von mehreren Anbietern entwickelt und vermarktet, u.a. auch von ABB in der Schweiz.“

(Infras S. 6)

„Es gibt jedoch einige Schweizer Unternehmen, die als Zulieferer der europäischen Windindustrie tätig sind. Dies betrifft insbesondere Anbieter von Leistungselektronik, Generatoren, Übertragung und Verteilung, Rotorblätter, Rückversicherung und Finanzierung sowie Planung, Projektmanagement und Systemintegration. Im Bereich der Leistungselektronik hat die Schweiz eine Führungsposition.“

(BFE S.6)

„Falls die Energie über langfristige Bezugsverträge beschafft wird, so könnte die Ausschreibung vorsehen, dass das Projekt einen schweizerischen Lieferanteil umfasst. Der Regulator müsste diese Bedingung vorgeben und durchsetzen.“

(Infras S. 15)

11. Vorteile im integrierten Strommarkt

„(...) im europäischen Verbund kann der bestehende und neu zuzubauende konventionelle Kraftwerkspark ohne grosse Mehrkosten stärker auf die Bedürfnisse der Integration von Windenergie ausgerichtet werden.“

(Infras S. 8)

„Die EU hat (...) erkannt, dass bei einer verstärkten Nutzung von dezentralen aber standortgebundenen Energiequellen wie Wind dem internationalen Handel eine zentrale Bedeutung zukommt. Es wurden umfangreiche Aktivitäten gestartet um eine EU-weite Lösung zu entwickeln. Diese könnte auch von der Schweiz übernommen werden.“

(Infras S. 11)

„Gemäss dem aktuellen Stand des EMG sieht Art. 10bis vor, dass vom Bundesrat eine vollständige Deklarationspflicht für Herkunft und Erzeugungsart von Elektrizität erlassen werden kann (alle Energieträger). Dies würde den Vollzug eines Quotensystems wesentlich erleichtern.“

(Infras S. 13)

12. Versorgungssicherheit verbessert

„Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Versorgungssicherheit – unter Annahme eines geplanten und adäquaten Ausbaus der notwendigen Transportkapazitäten – eher höher liegen würde als heute.“

(Infras S. 13)

„Das Risiko durch einen technisch bedingten Anlagenausfall liegt im Gegensatz zur heutigen Situation mit wenigen grossen AKW-Blöcken deutlich tiefer, da die Produktion durch eine grosse Zahl von geografisch verteilten Anlagen erbracht wird.“

(Infras S. 13)

„Bei der Windenergie wären die wichtigsten Handelspartner die umliegenden europäischen Länder. Zu diesen bestehen zuverlässige politische Beziehungen und Handelskontakte.“

(Infras S. 13)

„[Es] ist (...) zu berücksichtigen, dass auch der Brennstoff für AKWs ausschliesslich aus dem Ausland stammt, also auch eine volle Importabhängigkeit besteht.“

(Infras S. 13)

13. Der Atomausstieg: kein Problem...

„[Für den Atomausstieg] müssten im Jahr 2020 Windenergieanlagen mit einer Leistung von 3'900 MW (2030: 10'000 MW) für die Deckung des Schweizerischen Importbedarfs betrieben werden. Dies entspricht 23 Prozent (58 %) der heute in Europa installierten Windenergieleistung jedoch nur wenigen Prozenten des längerfristigen technischen Potentials.“

(BFE S.4)

„Die technische Realisierbarkeit eines Windenergieszenarios beinhaltet keine grösseren Probleme, für welche nicht bereits heute Lösungen und umfangreiche Erfahrungen vorliegen.“

(Infras S.21)

„Die Technik für landgestützte Windenergienutzung ist weit ausgereift und bietet heute keine wesentlichen technischen Probleme mehr.“

(Infras S. 6)

„Neu errichtete WEA's mit einer Leistung von über 1.2 MW erreichen sogar über 2000 Volllaststunden, da diese eine höhere technische Effizienz aufweisen und i.d.R. an günstigeren Standorten aufgestellt werden.“

(Prognos, S. 6)

„Die Entwicklung auf dem Windenergiesektor ist genau zu verfolgen, um den Anschluss an eine vielversprechende Technik nicht zu versäumen.“

(BFE S. 7)

14. ...und erst noch billiger

„Auch wirtschaftlich sind die Perspektiven durchaus interessant, insbesondere wenn die Externalitäten der verschiedenen Technologien berücksichtigt werden.“

(Infras S.21)

„Bei einem Einbezug der bedeutenden Externalitäten von „braunem Strom“ und Nuklearenergie, sowie bis ins Jahr 2020 realistischerweise zu erwartenden Preissteigerungen für fossile Brennstoffe ist gegenüber der heutigen Produktionsstruktur trotzdem mit grosser Wahrscheinlichkeit ein Kostenvorteil für ein Szenario auf Basis von Windenergiebezug aus dem Ausland zu erwarten.“

(Infras S. 19)

„Die wahrscheinliche Bandbreite der Gestehungskosten für Windstrom ab Schweizer Grenze liegt gemäss unserer Einschätzung in einer Grössenordnung von 7.7 bis 8.9 Rp./kWh und damit im Bereich von neuen Produktionskapazitäten konventioneller Kraftwerkstechnologien.“

(Infras S.21)

„Unter der günstigen Annahme könnte der Windstromimport geringere Mehrkosten verursachen als die in der Botschaft zu den Atominitiativen dargestellte, das CO2-Gesetz einhaltende, Strategie mit inländischen Wärme-Kraft-Kopplungs-Anlagen (Moratorium mit 40 Betriebsjahren der KKW).“

(BFE S.5)

15. Kaum Konflikte mit der Umwelt

„[Mit Windenergie] kann vermieden werden, dass beim Ausstieg aus der Kernenergie negative Umwelteffekte durch vermehrte Nutzung von fossilen Energieträgern entstehen.“

(Infras S. 22)

„Die Umweltbelastung im Ausland wird sich auf ein verträgliches Niveau beschränken, da davon ausgegangen wird, dass ein Grossteil der Anlagen im Offshore-Bereich und ausserhalb der Sichtbarkeit vom Land her realisiert wird.“

(Infras S. 22)

„Die Nutzung von Schutz- und ökologisch sensiblen Gebieten wäre auszuschliessen.“

(Infras S. 22)

16. Die getroffenen Annahmen

„Zur Ermittlung der "Versorgungslücke", die durch die Begrenzung der Betriebsdauer der Kernkraftwerke entsteht, sind verschiedene Annahmen erforderlich (s. Anhang 2). Diese basieren im wesentlichen auf den bereits in der Botschaft zu den Atominitiativen vom 28. Februar 2001 dargestellte Rahmendaten:

- Die Stromnachfrage nimmt bis 2020 massvoll zu und stabilisiert sich anschliessend.
- Die Betriebsdauer der bestehenden Kernkraftwerke wird auftragsgemäss auf 40 Jahre begrenzt. Ab 2024 (Ausserbetriebnahme KKW Leibstadt) wird auf die bestehenden langfristigen Bezugsverträge aus Frankreich verzichtet .
- Die nicht-nukleare Stromerzeugung in der Schweiz nimmt aufgrund der unterstellten Rahmenbedingungen nur massvoll zu.
- Im Interesse der Klarheit der Darstellung wird davon ausgegangen, dass die „Versorgungslücke“ ausschliesslich mit importiertem Windstrom (je hälftig aus Onshore- und Offshore-Anlagen) geschlossen wird .“

(BFE S.1)