

Ökobilanz verschiedener Kraftwerkstechnologien

Der Vergleich der Umweltauswirkungen verschiedener Kraftwerkstechnologien zeigt, dass Strom aus erneuerbaren Energien tiefere Treibhausgasemissionen pro Kilowattstunde aufweist und die Umwelt meist deutlich weniger belastet als Strom aus Kraftwerken auf Basis nicht erneuerbarer Energien. Die Anlagengrösse spielt bezüglich der Umweltbelastung keine entscheidende Rolle. Material sparende Konzepte und das Nutzen von Synergien sind oftmals entscheidender. Zudem können in Zukunft bei einzelnen Technologien wie beispielsweise der Fotovoltaik weitere deutliche Effizienzsteigerungen erwartet werden.

von Rolf Frischknecht

Die Stadt Zürich hat sich für den Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft entschieden. Dieses Ziel ist einer von fünf Schwerpunkten der Legislatur 2006–2010. Um dieses Ziel zu erreichen, wurden die Grundlagen für ein Umsetzungskonzept erarbeitet. Diese umfassen auch einen Vergleich der Umweltbelastungen der verschiedenen Kraftwerkstechnologien. Denn das Konzept der 2000-Watt-Gesellschaft erfordert einerseits griffige Massnahmen im Bereich der Energieeffizienz. Andererseits rückt die Frage nach der Gesamtenergieeffizienz und den Treibhausgasemissionen der verschiedenen Stromproduktionsmethoden in den Vordergrund.

Bei der Beurteilung der Stromerzeugung mit verschiedenen Kraftwerkstechnologien muss zudem auch die Gesamtumweltbelastung berücksichtigt werden. Hier können Ökobilanzen wertvolle Dienste leisten. In einer Ökobilanz werden neben dem Betrieb des Kraftwerks das Errichten der Anlage und das Bereitstellen der benötigten Baumaterialien sowie der technischen Komponenten berücksichtigt. Weiter wird das Bereitstellen des Brennstoffs (sofern benötigt), der Transport und die Feinverteilung des Stroms zu den Kundinnen und Kunden, wie auch der Rückbau und das Entsorgen der An-

lage mit in die Beurteilung einbezogen. Unter Berücksichtigung der technischen Lebensdauer der Kraftwerke und der während dieser Zeit erzeugten Elektrizität können damit die über den gesamten Lebensweg emittierten Treibhausgase, die Gesamtenergieeffizienz und die Gesamtumweltbelastung für die Bereitstellung von einer Kilowattstunde Strom quantifiziert werden.

Ökobilanzen kommen beispielsweise bei der Zertifizierung von «naturemade star»-Strom zum Einsatz: Die mithilfe von Ökobilanz-Kennwertmodellen ermittelte Umweltbelastung von Strom aus Kraftwerken auf Basis erneuerbarer Energien darf einen für alle Systeme gültigen, strengen Grenzwert nicht überschreiten (siehe auch Seite 18).

Grosse Unterschiede bei den Umweltauswirkungen von Strom

Um die Umweltauswirkungen von heute verfügbaren Technologien auf der Basis erneuerbarer und nicht erneuerbarer Energien vergleichen zu können, wurde Strom aus folgenden Kraftwerken analysiert und mit einer Stromsparmassnahme verglichen:

- ▶ ein durchschnittliches Ölkraftwerk in Italien,
- ▶ ein durchschnittliches Steinkohlekraftwerk in Deutschland,
- ▶ ein Gas- und Dampf-Kombikraftwerk (neue Technologie),
- ▶ ein durchschnittliches Kernkraftwerk in der Schweiz,

- ▶ ein Pumpspeicherkraftwerk in der Schweiz,
- ▶ ein Holzheizkraftwerk (6,4 Megawatt thermische Leistung, weitgehende Rauchgasreinigung),
- ▶ ein Biogas-Blockheizkraftwerk (landwirtschaftliche Ko-Vergärung mit Abdeckung),
- ▶ eine durchschnittliche Fotovoltaikanlage in der Schweiz,
- ▶ ein durchschnittliche Windkraftanlage in der Schweiz,
- ▶ ein Kehrlichtverbrennungsanlage mit Strom- und Wärmeauskopplung in der Schweiz,
- ▶ Durchschnitt der Laufwasser- und Speicherkraftwerke in der Schweiz,
- ▶ Strommix Schweiz (an die Steckdose gelieferter Mix unter Abzug zertifizierter, separat verkaufter Stromprodukte),
- ▶ Ökostrommix (zertifizierte, separat verkaufte Ökostromprodukte),
- ▶ eingesparter Strom durch den Ersatz von Glühbirnen durch Stromsparlampen.

Klimawirkung, Energieeffizienz und Umweltperformance variieren stark zwischen den verschiedenen Kraftwerkstechnologien. Erwartungsgemäss hat die Einsparung von Strom die tiefsten Umweltauswirkungen. Die Treibhausgasemissionen sind bei kohlenstofffreien Energieträgern (Wasserkraft, neue Erneuerbare, Kernenergie) deutlich tiefer als bei Strom aus fossilen Quellen. Bei Strom aus Biogas und Holz sollte den Methan- und Lachgasemissionen Beachtung geschenkt werden. Der Import von Strom aus Kohle- und Gaskraftwerken aus dem benachbarten Ausland zeigt seine Folgen bei den Treibhausgasemissionen des Schweizer Strommixes: Trotz verhältnismässig CO₂-armer Stromproduktion im Inland liegen die spezifischen Treibhausgasemissionen des Schweizer Strommixes bei knapp 150 Gramm CO₂-Äquivalent pro Kilowattstunde. Demgegenüber weist der Schweizer Ökostrom 10-mal tiefere Treibhausgasemissionen auf. Die nicht erneuerbare Primärenergie wird mit Systemen auf Basis erneuerbarer Energien wie Wasserkraft, Windkraft, Biogas und Fotovoltaik deutlich effizienter genutzt. Die Energieverluste sind bei der Kernenergie am höchsten: Bei der Bereitstellung von 1 Watt Leistung gehen



auf dem gesamten Lebensweg 3 Watt verloren.

Die Gesamtumweltauswirkungen werden ausgedrückt in Umweltbelastungspunkten gemäss der Methode der ökologischen Knappheit 2006 (siehe Abbildung). Die Umweltauswirkungen von Strom aus Wasserkraft, aus Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA) und aus Windkraft sind tief, was sich beim Ökostrommix widerspiegelt. Die Umweltauswirkungen der Kernenergie sind aufgrund der anfallenden radioaktiven Abfälle im Vergleich zu Strom aus Holz oder Biogas mehr als doppelt so hoch. Pro Kilowattstunde Pumpspeichersstrom werden rund 1,4 Kilowattstunden Strom zum Hochpumpen des Wassers benötigt. Deshalb ist seine Umweltbelastung rund 40 Prozent höher als jene des Schweizer Strommixes.

Auch auf kleinen Pferden kann man reiten

Strom kann mit grossen Kraftwerken oder in kleinen Anlagen erzeugt werden. Ein Vergleich zwischen Fotovoltaik-Anlagen unterschiedlicher Grösse zeigt, dass die Treibhausgasemissionen einer Anlage von 1,3 Megawatt installierter Leistung mit 48 Gramm CO₂-Äquivalent pro Kilowattstunde rund 17 Prozent tiefer liegen als diejenigen von

dachintegrierten 3-Kilowatt-Anlagen. Der Unterschied ist vor allem auf ein effizienteres Modul, eine Material sparende Unterkonstruktion und den Skaleneffekt beim Wechselrichter zurückzuführen. Nicht in allen Fällen bedeutet aber eine höhere Leistung gleichzeitig auch eine effizientere Produktion. Eine aufgesetzte Flachdachanlage mit einer installierten Leistung von 160 Kilowatt weist sogar leicht höhere Treibhausgasemissionen auf als die dachintegrierte 3-Kilowatt-Anlage. Die Mehraufwendungen bei den Solarmodulen und der Unterkonstruktion vermögen den Skaleneffekt beim Wechselrichter nicht zu kompensieren.

Entscheidender als die Skaleneffekte in der Schweiz sind die zukünftig zu erwartenden weiteren Effizienzsteigerungen in der Produktion und die technische Entwicklung, insbesondere in der Fotovoltaik. Im grossen europäischen Forschungsprojekt «New Energy Externalities Development for Sustainability» NEEDS wurden die Umweltauswirkungen von heutigen und zukünftigen Technologien zur Stromerzeugung abgeschätzt. Insbesondere bei der Fotovoltaik wird erwartet, dass die Treibhausgasemissionen in den kommenden 15 Jahren erheblich reduziert werden können. Neben der technischen Entwicklung spielt auch der Jahresertrag

Energie Thun AG



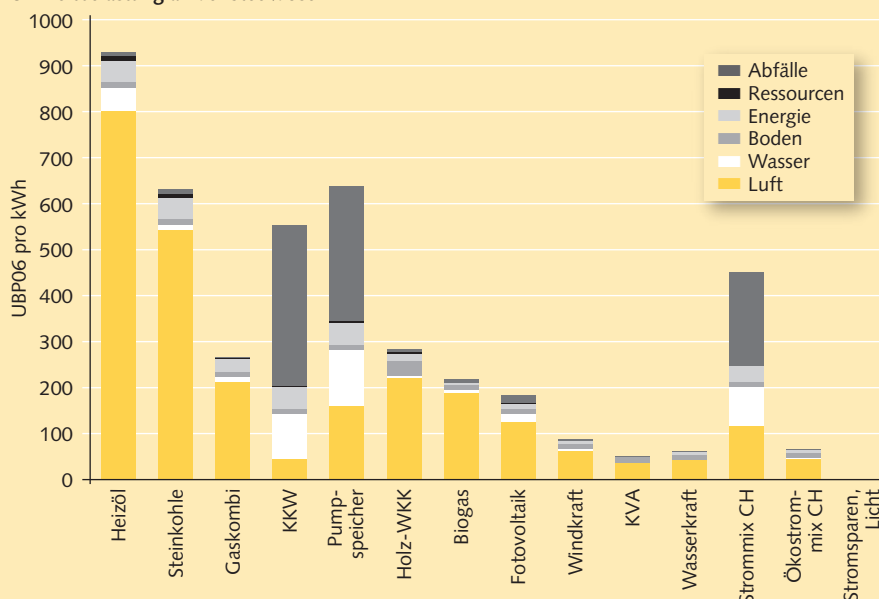
Bei der Fotovoltaik sind in den kommenden Jahren erhebliche Fortschritte bei der technischen Entwicklung und der Produktionseffizienz zu erwarten.

der Fotovoltaikanlage und damit deren Standort und Ausrichtung eine wichtige Rolle.

An manchen Orten werden Kleinwasserkraftwerke wieder in Betrieb genommen oder neu gebaut. Die beiden Trinkwasserkraftwerke Charal und Sarinera der Gemeinde Guarda GR produzieren seit einigen Jahren «naturemade star»-zertifizierten Ökostrom. Um zu beurteilen, ob diese Kraftwerke das «naturemade star»-Label erhalten, wurde eine Ökobilanz durchgeführt. Durch die kombinierte Nutzung der Anlage zur Bewässerung, zur Trinkwassergewinnung und zur Stromerzeugung kann die Umweltbelastung pro Kilowattstunde Strom sehr tief gehalten werden. Im Vergleich zur Stromerzeugung in grossen Wasserkraftwerken liegen beispielsweise die Treibhausgasemissionen um rund 30 Prozent tiefer.

Bei der Umweltbelastung von Strom aus nicht erneuerbaren Energien können Skaleneffekte beobachtet werden. Allerdings erschweren langfristige Investitionen in Grosskraftwerke die erforderliche Reduktion des Verbrauchs an nicht erneuerbaren Energien, da Grosskraftwerke aus wirtschaftlichen Gründen über ein halbes Jahrhundert konstant Energie erzeugen sollten. Zudem bindet der Bau von konventionellen Grosskraftwerken Investitionskapital, welches somit nicht mehr für den Bau von kleineren Anlagen zur Verfügung steht, welche Strom aus erneuerbaren Energien bereitstellen.

Umweltbelastung an der Steckdose



Die Bereitstellung von einer Kilowattstunde Strom über den gesamten Lebensweg wirkt sich je nach Kraftwerktechnologie sehr unterschiedlich auf die Umwelt aus.