

**Sektorvorhaben**

**„Umsetzung der Empfehlungen  
der World Commission on Dams“**

## **Hintergrundpapier zu „Treibhausgas-Emissionen durch Staubecken“**

**erarbeitet von  
Frauke Neumann-Silkow**

**gtz**

Gesellschaft für  
Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH  
KoF Energie, Transport, Ökoeffizienz

Postfach 5180  
65726 Eschbom  
Tel: 06196 79 1379  
Fax: 06196 79 7144  
Email: [frauke.neumann-silkow@gtz.de](mailto:frauke.neumann-silkow@gtz.de)

## Zusammenfassung

Die Forschungen zu Klimaauswirkungen von Stauseen stecken noch in den Anfängen. Trotzdem lässt sich als Tendenz festhalten, dass Wasserkraftwerke in der Regel weniger Treibhausgase emittieren als entsprechend fossil betriebene Kraftwerke. Ausnahmen kann es geben, wenn die überflutete Biomasse sehr groß (z.B. Wälder) und der Stausee ein warmes, flaches Gewässer mit sehr großer Oberfläche ist. Unter diesen Umständen, die vor allem in tropischen Gegenden auftreten, kann es zu erheblichen Methanemissionen kommen. Die Klimawirkung kann hier im Einzelfall negativer sein als bei konventionellen Kraftwerken.

## Klimarelevanz von Stauseen

### Forschungsstand

Die wissenschaftlichen Erkenntnisse über die Treibhausgas-Bilanz von Stauseen sind gering. Umfangreiche Messungen haben bisher nur in Brasilien, Kanada und Französisch Guyana stattgefunden. Messungen in mediterranen Gebieten liegen nicht vor. Extrem schwierig gestaltet sich vor allem die Schätzung von Emissionen vor Überschwemmung eines Gebiets, da die meisten Messungen an bestehenden Stauseen durchgeführt wurden. So fehlen Vergleichsdaten. Problematisch ist auch, dass der Kohlenstoffzyklus insgesamt in all seinen Einzelaspekten und Verästelungen nicht vollständig verstanden ist. Komplexe Wechselwirkungen machen im Einzelfall die Quantifizierung von Kohlendioxid-Emissionen und die Kohlenstoff-Absorptionen schwierig. Der Streit um die Berücksichtigung von Kohlenstoff-Senken (Biomasse) in den nationalen Treibhausgas-Bilanzen hat das eindrucksvoll demonstriert.

### Emissionen von Stauseen und ihre Relevanz

Bei Staudämmen sind im wesentlichen die Gase Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) und Methan ( $\text{CH}_4$ ) relevant.  $\text{CO}_2$  wird bei der Zersetzung von organischen Materialien unter aeroben Bedingungen produziert,  $\text{CH}_4$  entsteht bei Zersetzungsprozessen unter sauerstoffarmen Bedingungen. Solche anaeroben Bedingungen können in tieferen Wasserschichten insbesondere bei flachen, warmen Gewässern entstehen (Prozess der Sauerstoffzehrung). Die klimaschädliche Wirkung einer Gewichtseinheit Methan ist ca. 21 mal höher als die von Kohlendioxid.

Ursache für die Emissionen ist in erster Linie die Zersetzung von organischen Materials im Stausee. Herkunft des organischen Materials :

- Biomasse, die bei Füllung des Stausees überflutet wurde (dies können ganze Wälder sein!)
- Ständige Einspülung von Biomasse aus dem Einzugsgebiet
- Produktion neuer Biomasse im Staubecken (Wasserpflanzen, Atmung von Organismen)
- Zersetzung von inorganischen und organischen Bodenbestandteilen

Emissionen variieren zeitlich und örtlich. Sie sind in der Regel kurz nach der Überflutung (Abbau von überfluteter Biomasse) sehr hoch und sinken dann mit der Zeit langsam ab, bis

sie sich auf einen Stand einpendeln. Ebenso können Methanemissionen an flachen Stellen wesentlich höher sein, als an tiefen. Punktuelle Messungen können daher nicht ohne weiteres auf die gesamte Fläche übertragen werden.

Die Überflutung eines Waldes kann mit dessen Abholzung gleichgesetzt werden. Es geht eine Kohlenstoffsенke verloren, was zu einer absoluten Erhöhung von Treibhausgasen in der Atmosphäre beiträgt. Findet der Abbau der Biomasse im Stausee unter sauerstoffarmen Verhältnissen statt, kann es zu Methanemissionen kommen, die den zusätzlich den Treibhauseffekt deutlich verstärken.

Um zu einer Schätzung der Nettoemissionen zu kommen, müsste von diesem Gesamtbetrag Methanemissionen vor der Überflutung, sowie CO<sub>2</sub> Emissionen die durch den Abbau neu entstandener bzw. eingespülter Biomasse entstehen, abgezogen werden. Letztere erhöhen den Gesamtgehalt an CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre nicht, da die Zersetzung dieser Biomasse im Gleichgewicht mit der Bildung neuer Biomasse steht (durch die wiederum CO<sub>2</sub> gebunden wird). Der Kohlenstoffzyklus ist in diesem Fall geschlossen.

#### **Abschätzung der Treibhausgas-Emissionen aus Stauseen:**

**(Emissionen (CO<sub>2</sub> + CH<sub>4</sub>) – (CH<sub>4</sub>-Emissionen des Ökosystems vor Überschwemmung) – (CO<sub>2</sub> Emissionen durch eingespülte Biomasse und im See neu produzierte Biomasse)) = Nettoemissionen.**

**Diese Emissionen müssen über einen Zeitraum von ca. 70 Jahren (Lebensdauer Wasserkraftwerk) betrachtet werden.**

Zusätzliche Faktoren wie Emissionen beim Bau eines Kraftwerks (Forderung nach Life Cycle Assessment), Abbau von Sedimenten, in denen Kohlenstoff abgelagert ist oder möglicherweise auch die Funktion des Stausees als Kohlenstoffsенke (wie Meere) fallen insgesamt nicht sehr ins Gewicht. Sie werden in der Diskussion aber immer wieder mit aufgezählt. Von einigen Autoren wird darüber hinaus der sogenannte „leaching effect“ aufgeführt. Danach müssten auch die Aktivitäten der umgesiedelten Bevölkerung mit einberechnet werden (z.B. Rodungen für neues Siedlungsgebiet).

#### Vereinfachend lässt sich daher feststellen:

Je nach Volumen und Kohlenstoffgehalt der überschwemmten Biomasse können erhebliche Emissionen von Treibhausgasen auftreten, die zu einer absoluten Erhöhung dieser Gase in der Atmosphäre beitragen. Der Treibhauseffekt wird insbesondere dann verstärkt, wenn die Biomasse unter extrem sauerstoffzehrenden Verhältnissen abgebaut wird. In diesem Fall wird viel Methan produziert. Sauerstoffarme Verhältnisse entstehen in warmen flachen Gewässern.

Im Vergleich mit fossil betriebenen Kraftwerken müssen die Emissionen in Bezug zur erzeugten Leistung gesetzt werden. Unter Berücksichtigung aller bestehenden wissenschaftlichen Unsicherheiten kann daher als Tendenz festgehalten werden:

**Große flache Stauseen in tropischen Gebieten mit ineffizienten Kraftwerken können klimaschädlicher sein, als effiziente Gaskraftwerke mit der gleichen Leistung.**

Als Anhaltgröße wird in der internationalen Diskussion immer wieder der Quotient aus der Leistung / überschwemmter Fläche (W/m<sup>2</sup>) herangezogen.

Eine gern zitierte Faustregel: Wenn die erzeugte Leistung pro Fläche weniger als 0,1 W/m<sup>2</sup> beträgt, kann ein effizientes fossil betriebenes Kraftwerk weniger klimaschädlich sein. Liegt der Wert über 0,5 W/m<sup>2</sup> ist davon auszugehen, dass das Wasserkraftwerk einen geringeren Treibhauseffekt hat. Dieser Wert kann insbesondere in tropischen Gebieten als grobe

Orientierung dienen. Wesentliche Faktoren wie das Volumen überschwemmten Biomasse und die klimatischen Verhältnisse werden jedoch ignoriert. Beide Faktoren müssen bei jeder genaueren Schätzung der Wirkungen eines Stausees auf das Klima in jedem Fall berücksichtigt werden.

Erste Messungen bestätigen die oben geäußerte These. Berechnungen an Stauseen in borealen Gebieten (hier Kanada) haben gezeigt, dass die Treibhausgasemissionen / Leistung um den Faktor 10 unter denen von fossil betriebenen Kraftwerken lagen. Messungen an Stauseen in tropischen Gebieten mit geringer Kraftwerksleistung liegen darüber. Sie können Emissionen moderner Gaskraftwerke übersteigen. Die veröffentlichten Zahlen sind jedoch extrem variable und unzuverlässig. Eine Verallgemeinerung der Ergebnisse ist daher problematisch. In den wenigsten Fällen wurde die Abschätzung der Emissionen nach den ersten Flutungsjahren miteingerechnet. Dies kann zu großen Fehleinschätzungen führen.

## Fazit

Da bei Stauseen immer mit überfluteter Biomasse zu rechnen ist, sollten deren erwartete Emissionen nach der Überflutung immer in der Planung abgeschätzt werden. Ziel einer jeden Planung muss es sein, eine hohe Leistung pro Fläche ( $W/m^2$ ) zu erreichen. In tropischen Gebieten sollte die Biomasse vor der Überschemmung durch Abholzung aus dem Staubecken entfernt werden. Wird ein Wald vor der Überflutung gerodet und das Holz für z.B. den Hausbau verwendet, lassen sich die Emissionen eines Stausees erheblich senken.

## CDM & Staudämme

Prinzipiell können Wasserkraftprojekte als CDM Projekte angemeldet werden, wenn sie den Kriterien, die an alle CDM-Projekte gestellt werden, erfüllen. Dann können zertifizierte Emissionsrechte erworben werden. Momentan sind 7 Wasserkraftprojekte (>10MW) zur Prüfung durch den Weltbank Prototype Carbon Fund (PCF), bzw. durch das niederländische CERUPT-Programm vorgeschlagen (Stand Oktober 2002). Während die klimafreundliche Stromerzeugung der meisten Dämme von den wenigsten angezweifelt wird, ist im Kontext von CDM problematisch, dass es sich nicht um „zusätzliche“ Projekte handelt. CDM schreibt vor, dass nur für solche Projekte handelbare Emissionsrechte erworben werden können, bei denen zusätzliche Anstrengungen unternommen werden, um Treibhausgas-Emissionen zu reduzieren.

*„A CDM project activity is additional if anthropogenic emissions of greenhouse gases by sources are reduced below those that would have occurred in the absence of the registered CDM project activity“ (Marrakesh Accords)*

Die Interpretation dieses Statements durch den CDM Executive Board wird in Zukunft ausschlaggebend für die Anzahl der Wasserkraftprojekte sein, die unter dem CDM akzeptabel ist. Die meisten der jetzt vorgeschlagenen Dammprojekte (u.a. Bujagali) waren schon im Bau. Sie wären daher in jedem Fall gebaut und erfüllen wohl kaum das Kriterium der Zusätzlichkeit. Nach Industrieangaben sind momentan 1700 große Wasserkraftprojekte in der Welt für den Bau vorgeschlagen, wieweile davon CDM-fähig sind, kann nicht abgeschätzt werden.

## Quellen

Gagnon, Luc. 2002: The International Rivers Network statement on GHG emissions from reservoirs, a case of misleading science. International Hydropower Association. London, UK

IRN. 2002: Flooding the Land, warming the earth. International Rivers Network. Berkeley, USA

IRN. 2002: Damming the CDM: Why big hydro is ruining the Clean Development Mechanism. International Rivers Network. Berkeley, USA

The World Commission on Dams (Hrsg.). 2000: Dams and Development. Earthscan Publications Ltd. London

The World Commission on Dams (Hrsg.). 2000: WCD Thematic Review Issues II.2. Part III Workshop on Dam Reservoirs and Greenhouse Gases. UNEP, Kenya

The World Commission on Dams (Hrsg.). 2000: WCD Thematic Review Issues II.2. Part I Introduction to Global Climate Change. UNEP, Kenya

The World Commission on Dams (Hrsg.). 2000: WCD Thematic Review Issues II.2. Part II Certainty and Uncertainty in the Science of Greenhouse Gas Emissions from Hydroelectric Reservoirs. UNEP, Kenya

The World Commission on Dams (Hrsg.). 2000: Contributing Paper: Climate Change and Dams: An Analysis of the Linkages Between the UNFCCC Legal Regime and Dams. UNEP, Kenya