



**Systeminstitut  
Aqua Terra (SAT) e.V.**

# **Studie zur ökologischen Bewertung von kleinen Wasserkraftanlagen**

## **Endfassung**

im Auftrag von  
EUROSOLAR e.V.

**Berlin im Januar 2004**

**Prof. Dr. W. Ripl, Systeminstitut Aqua Terra e.V .  
Hellriegelstr. 6, 14195 Berlin**

## Vorwort

Zu den „neuen Erneuerbaren Energien“ – ein Begriff des UN-Sprachgebrauchs – zählen die solare Strahlungsenergie, die Windkraft, die Biomasse, die Meeresenergien und nicht zuletzt die Kleinwasserkraft. Damit ist international eine bewusste Unterscheidung getroffen worden zur Großwasserkraft – also der Wasserkraftnutzung zur Stromerzeugung mit Hilfe von Staudämmen und der Überflutung größerer Landflächen, die in die zentralisierten Stromversorgungsstrukturen seit langem integriert sind.

Die Kleinwasserkraft spielte in früheren Jahrzehnten in Industrieländern eine größere Rolle als gegenwärtig. Über 50.000 Kleinwasserkraftwerke fielen dem Konzentrationsprozess in der Stromwirtschaft zum Opfer, besonders seit der gesetzlichen Festschreibung der Gebietsmonopole im Energiewirtschaftsgesetz von 1935, das bis 1998 – also 63 Jahre – Gültigkeit hatte. Die Instrumente, die Kleinwasserkraft sterben zu lassen, waren entweder die generelle Verweigerung einer Netzeinspeisung oder so niedrige Einspeisevergütungen, die keinen wirtschaftlichen Spielraum für Ersatzinvestitionen und Wartungsarbeiten ermöglichten.

Erst durch das Stromeinspeisegesetz für Erneuerbare Energien aus dem Jahr 1991 konnte das weitere Sterben beendet werden. Eine Revitalisierung der Kleinwasserkraft, etwa in den Größenordnungen vergangener Jahrzehnte (die ein zusätzliches Gesamtpotential von bis zu zwei- bis viertausend Megawatt ermöglichen würden), fand jedoch nicht statt, obwohl das Stromeinspeisegesetz – als dem Vorläufer des EEG – ursprünglich vor allem der Kleinwasserkraft gewidmet war. Dem Ausbau der Kleinwasserkraft stand nunmehr die Genehmigungspraxis auf Kreis- und Landesebene entgegen, die Naturschutzbelange gegen den emissionsfrei erzeugten Strom ausspielten - als hätten Erneuerbare Energien keine Bedeutung für den Naturschutz. Selbst das neue Bundesnaturschutzgesetz, das ausdrücklich die Naturschutzfunktion der Nutzung Erneuerbarer Energien hervorhebt, hat an der restriktiven Genehmigungspraxis bisher nichts geändert, ebenso wenig wie Richtlinien der Bundesländer, die darauf zielen, Genehmigungshindernisse abzubauen. Demgegenüber wird die Wasserrahmenrichtlinie der EU, an die das Wasserhaushaltsgesetz angepasst wurde, vielfach in Stellung gebracht, obwohl diese

die Nutzung der Kleinwasserkraft an keiner Stelle explizit in Frage stellt. Die Erfahrung aus zahlreichen verweigerten Genehmigungen ist, dass Einwände gegen die Kleinwasserkraft formuliert werden, die aus Untersuchungen über Großwasserkraftwerke stammen. Besonderen restriktiven Einfluss üben die Positionen der Fischereiverbände aus. Diese haben einerseits gegenüber dem eklatanten Fischsterben etwa durch die Wassernutzung in Kondensationskraftwerken kaum Einwände artikuliert, wohingegen sie gegen Kleinwasserkraftanlagen vehement Stellung nehmen, obwohl sie einen empirischen Beweis für die Beeinträchtigung der Fischkultur schuldig geblieben sind.

Mit dem Entwurf der Bundesregierung zur Novelle des Erneuerbaren Energiegesetzes vom Dezember 2003 würde, sofern dieser Gesetzeskraft erlangen würde, der weitere Ausbau der Kleinwasserkraft de facto unmöglich. Dieser Entwurf formuliert als Bedingung für die Gewährung von Einspeisetarifen die Erhaltung und gar die Verbesserung des ökologischen Zustands der Gewässer. Nach Auffassung von EUROSOLAR ist eine solche Bedingung im EEG systemfremd, weil es sich bei diesem Gesetz um ein Vergütungsgesetz und nicht um ein Naturschutzgesetz handelt. Belange des Naturschutzes sind in anderen Gesetzen und Landesrichtlinien geregelt. Selbst diejenigen, die eine mit dem Naturschutz begründete restriktive Position gegenüber der Kleinwasserkraft beziehen, können nicht begründen, warum diese unbedingt in das EEG in sogar verschärfter Weise aufgenommen werden muss. Von einer Inflation neuer Kleinwasserkraftanlagen kann keine Rede sein, angesichts von weniger als zehn Anlagen, die im Jahr 2003 in Deutschland genehmigt worden sind. Hinzu kommt, dass die Autoren des diesbezüglichen Gesetzentwurfs gegen noch bestehende Kleinwasserkraftanlagen keine Bedenken artikulieren – und solche wohl auch nicht artikulieren würden, wenn ihre Zahl größer wäre, also nicht dem Konzentrationsprozess der Stromwirtschaft und den Gebietsmonopolen zum Opfer gefallen wären.

Die vorliegende Studie über den ökologischen Stellenwert der Kleinwasserkraft soll die Diskussion über diese erneuerbare Energiequelle versachlichen. Sie kommt zu dem Ergebnis, dass unter den ausgeführten Bedingungen und bei einer integrierten Betrachtung die Nutzung der Kleinwasserkraft eine wesentliche regional- bzw. lokalökologische Bedeutung hat, neben ihrem generellen Beitrag zum Klimaschutz. Die Studie unterstreicht damit, dass es keinerlei Grund gibt, in die Neufassung des

EEG zusätzliche Restriktionen gegenüber der Kleinwasserkraft einzubauen. Vor allem aber soll die Studie bezwecken, dass in Naturschutzverbänden und bei Genehmigungsbehörden die ökologische Funktion der Kleinwasserkraft gewürdigt wird, und sie gibt Hinweise, welche Aspekte bei Genehmigungsverfahren beachtet werden müssen – damit nicht weiterhin passiver und aktiver Naturschutz gegenseitig ausgespielt werden.

Dr. Hermann Scheer MdB  
Präsident EUROSOLAR

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1. Kurzfassung</b>	<b>8</b>
<b>2. Einleitung</b>	<b>15</b>
<b>3. Ableitung der Kriterien zu einer funktionalen, ökologischen Bewertung und Gewichtung des Eingriffes in den Naturhaushalt von Gewässern und ihren Einzugsgebieten durch kleine Wasserkraftanlagen</b>	<b>17</b>
<b>3.1. Warum ein übergeordnetes Leitbild erforderlich ist</b>	<b>17</b>
<b>3.1.1. Natürliche Fundamente der Ökosysteme</b>	<b>18</b>
<b>3.1.2. Der Mensch als Bewirtschafter</b>	<b>20</b>
<b>3.2. Zur Notwendigkeit eines übergeordneten Systemleitbildes</b>	<b>22</b>
<b>3.2.1. Die überragende Rolle des dissipativen Wasserkreislaufs für die Steuerung von Klima, Stoffströmen und Bodenfruchtbarkeit</b>	<b>23</b>
<b>3.2.2. Wasser und Vegetation - Steuergrößen im Landschaftshaushalt</b>	<b>29</b>
<b>3.2.3. Schwachstellen des strukturellen Naturschutzes gemessen an einem orts- und zeitbezogenen dynamischen Leitbild</b>	<b>32</b>
<b>3.2.4. Führt das übergreifende Leitbild zu richtungssicherem Handeln?</b>	<b>33</b>
<b>3.2.5. Nutstoffbetrachtungen</b>	<b>36</b>
<b>3.2.6. Die Rolle der Schadstoffe als Wirkungsfaktor</b>	<b>38</b>
<b>3.2.7. Wasserwirtschaft, Forstwirtschaft und Versauerung</b>	<b>40</b>
<b>3.3. Integration der einzelnen Sektoren; Umweltgutachten vor dem Hintergrund eines übergreifenden Leitbildes</b>	<b>42</b>
<b>3.3.1. Stellenwert der Artendiversität und des Artenschutzes im Kontext eines funktionalen Naturschutzes</b>	<b>42</b>
<b>3.3.2. Monitoring der Ökosystemeffizienz als Werkzeug für nachhaltiges Wirtschaften</b>	<b>45</b>

<b>3.3.3. Schaffung zellularer, quasiautarker Strukturen als Lösungsansatz</b>	<b>46</b>
<b>3.3.4. Integrative Bewirtschaftung der Flächenressource als zukünftige Basis für nachhaltige Gesellschaften</b>	<b>47</b>
<b>3.3.5. Naturregelnde Gesetzgebung und die Entstehung von Verwaltungsvorschriften</b>	<b>48</b>
<b>3.3.6. Regenwald, das vollkommene Beispiel für eine funktionierende Kreislaufwirtschaft</b>	<b>49</b>
<b>3.3.7. Vorlauf für naturregelnde Gesetzgebung und Verwaltungshandeln</b>	<b>50</b>
<b>4. Kleine Wasserkraft zwischen Biotopkosten und vermiedenen Kohlendioxidemissionen</b>	<b>53</b>
<b>4.1. Artendiversität, Durchgängigkeit und andere Einflussgrößen - Wertung der herkömmlichen Gutachten -</b>	<b>55</b>
<b>4.2. Eingriffe in den Naturhaushalt von Gewässern durch kleine Wasserkraftanlagen – Kritik einer sektoral verrechtlichten Sichtweise -</b>	<b>58</b>
<b>4.3. Volkswirtschaftliche Kosten</b>	<b>59</b>
<b>4.3.1 Ökobilanzen</b>	<b>60</b>
<b>4.3.2. Aussagen zu einer der Zentralversorgung dienenden Energieerzeugung großer Wasserkraftanlagen</b>	<b>61</b>
<b>5. Positive Effekte für das Einzugsgebiet kleiner Wasserkraftanlagen</b>	<b>63</b>
<b>6. Empfehlungen</b>	<b>66</b>
<b>7. Literatur</b>	<b>67</b>

## **Abbildungsverzeichnis**

Abb.1a: Dissipativer Wasserkreislauf (ursprünglicher Zustand)

Abb.1b: Dissipativer Wasserkreislauf (aktueller Zustand)

Abb.1c: Dissipativer Wasserkreislauf (zukünftiger Zustand)

(Abb.1 Wolter und Ripl unveröffentlicht).

Abb. 2: Vergleich Energetik Entwässerter Wassergesättigte Landschaft (nach Pokorny 2001)

Abb. 3: Prozessführung durch rückgekoppelte Regelkreise in der ZKS (nach Ripl und Hildmann, 1993)

## **1. Kurzfassung: Ein integriertes ökologisches Leitbild der Nutzung der Kleinwasserkraft**

Die in erster Linie vom atomaren und fossilen Energieeinsatz hervorgerufene Verschärfung unserer Umweltprobleme – wie Versteppung, Verlust landwirtschaftlich genutzter Böden, Verlust des bodennahen Wasserdampfes als Wärmeschutzfilter und vermehrt auftretende Katastrophen durch extreme Wetterlagen wie Hochwasserereignisse und Dürrezeiten – erfordern einen Paradigmenwechsel zu einem integrativen Verständnis der Naturprozesse. Eine Naturschutzpraxis, die einzelne Elemente des Naturprozesses – Gewässer, Böden, Flora, Fauna – isoliert betrachtet, ist allein ungeeignet, die Frage der ökologischen Qualität der Naturnutzung zu beantworten.

Wasser ist **das** dynamische, energiedissipative Temperatenausgleichs-, Transport- und chemisches Reaktions-Medium. Es ist **die** zentrale Steuergröße für ein integriertes Ressourcenmanagement in jedem Einzugsgebiet. Auf der Basis eines neuen integrativen Leitbildes können nur so die Subsistenzfunktionen auf der Grundlage eines funktionalen Naturschutzes (Prozessschutzes) und durch Einführung regionaler Kreislaufwirtschaft aufrechterhalten werden.

### **Der Beitrag kleiner Wasserkraftwerke zum Klima- und Bodenschutz**

Um die Subsistenzfunktionen dauerhaft zu gewährleisten, ist es nötig, gleichzeitig und multifunktional die Naturprozesse (lokaler und kurzgeschlossener Wasser- und Stoffhaushalt, Temperatenausgleich und Bodenfruchtbarkeit) **auf der gesamten Landesfläche** aufrechtzuerhalten. Kleine Wasserkraftwerke, die ihre Techniken in Zukunft den natürlichen Gegebenheiten der Flüsse anpassen, leisten einen wichtigen Beitrag zur Steuerung des Landschaftswasserhaushaltes, des Klimaschutzes und Bodenschutzes ihres Einzugsgebietes. In den Einzugsgebieten stellt der Bau von kleinen Wasserkraftanlagen einen wichtigen Baustein für die Umsetzung einer regionalen Kreislaufwirtschaft auf der Basis der Wiedereinführung lokaler kurzgeschlossener Wasser- und Stoffkreisläufe dar.

### **Wasserrückhalt und Kreislaufwirtschaft**

Kleine Wasserkraftanlagen in Teileinzugsgebieten fördern neben dem Wasserrückhalt und der lokalen Produktion elektrischer Primärenergie auch dezentrales in Kreislaufwirtschaft betriebenes Vegetationsmanagement und leisten damit gleichzeitig einen wichtigen Beitrag zur Steuerung des Landschaftswasserhaushaltes. Dabei wird die Vegetation als wasser- und



stoffrückhaltende sowie klimastabilisierende Struktur gezielt eingesetzt sowie die nähr- und mineralstoffhaltigen Reststoffe in geeigneter Form auf die Fläche zurückgeführt.

Auf abgewirtschafteten Flächen können in wasserrückhaltenden Strukturen akkumulative biomasseproduzierende Landschaften aufgebaut werden. In diesen wird der tägliche Verdunstungs- und Taubildungszyklus gefördert und Böden werden durch Anreicherung mit Nähr- und Mineralstoffen wieder aufgebaut. Damit wird der Wasserabfluss des Gebietes gedämpft und gleichmäßiger; Stoffverluste vermindert und die Landschaft dauerhafter nutzbar. Durch die Wiederherstellung des lokalen Temperatursystems wird die Wahrscheinlichkeit von Katastrophen, wie Dürre oder Hochwasser abgesenkt.

Diesen systemübergreifenden Voraussetzungen wurde in den bisherigen Gutachten über kleine Wasserkraftanlagen auf sektoraler Basis nicht Rechnung getragen. Die verallgemeinernden, ablehnenden Begründungen sind deshalb zu korrigieren, weil sie eine nachhaltige Entwicklung sowie die Gestaltung der Natur- und Subsistenzprozesse im Einzugsgebiet verhindern.

- Die Natur optimiert sich bezüglich ihrer Kreislaufführung, indem sie auf ständig kleiner werdenden Flächen durch Verbesserung der bewirtschaftenden Organismen, und Gesellschaften die Kreisläufe schließt und dadurch die Stoffflüsse besser regelt. Damit erzielt sie eine hohe Stabilität und schont die Standorte.
- In diesem prozessorientierten Naturmodell ist der Mensch wieder so zu integrieren, dass die Stabilität der Naturprozesse verstärkt und die Naturfunktionen durch bessere Kopplung stoffverlustärmer und so dauerhafter werden.
- Energie, Wasser, Nahrungsmittel, erneuerbare Rohstoffe und der funktionale Naturschutz sind lokal bzw. regional in Rückkopplung mit den Standorten zu regeln und als Subsistenzbasis lokal für die Gesellschaft vorzuhalten.
- Diese nachhaltigkeitsfördernde Betrachtungsweise ermöglicht eine dynamische sich ständig optimierende Kreislaufwirtschaft, die eine sichere Basis bei intergenerativer Gerechtigkeit für eine nachhaltige Gesellschaft darstellt.
- Dafür sind seitens der Politik ökonomische Rahmenbedingungen insbesondere durch eine orts- und zeitangepasste optimierte, von Kreisprozessen geprägte und integrierte Ressourcenwirtschaft zu schaffen.

## **Kleine Wasserkraftwerke ermöglichen wasser- und stoffrückhaltende Strukturen**

- Größere Flächen werden über längere Perioden, insbesondere im Sommer bei Niedrigwasser, verdunstungsfähig und temperaturnausgleichend gehalten.
- Der ökologische Wirkungsgrad im Einzugsgebiet wird erhöht, indem die irreversiblen Stoffabflüsse über das Bodenwasser eingedämmt werden.
- Der Wasser- und Stoffrückhalt fördert die Artenvielfalt in einer Landschaft durch flache Gradienten von Temperatur, Feuchtigkeit Strömungsmustern und chemischen Konzentrationen. Substratreiche kleinere Verzweigungs- und Ausleitungsgewässer spielen für die Reproduktion der Fische und ihrer Nährtiere eine entscheidende Rolle. Abflusssdynamik ist wichtig, die immer öfter und schnell ansteigenden Hochwasserabflüsse als Ausfluss von Hangdränage und Begradigung sind jedoch schädlich. Sie vernichten die Laichgelege, bewirken die Versandung der Lückensysteme und schwemmen den abgelegten Laich ab. Diese Faktoren sind hauptsächlich dafür verantwortlich, dass sich Kieslaicher selbst in sauberen nicht belasteten Bergbächen kaum mehr vermehren können. Ein vergleichmässiger Landschaftswasserhaushalt dagegen hat stabilisierende Auswirkungen auf die Selbstreproduktion der heimischen Fischarten, insbesondere der Kieslaicher.

## **Die Bedeutung der Durchgängigkeit wird überschätzt**

- Die Durchgängigkeit im Gewässer (river continuum concept) wird durch ein serielles Gewässerentwicklungsmodell mit einer höheren Vielfalt an Strömungsgradienten ersetzt, das sich für den Artenerhalt als überlegen erwiesen hat, gerade auch durch raschere Eliminierung vielfältiger Störungen. Es ist das im Gebirge natürlich am häufigsten vorkommende Entwicklungsmodell für Gewässer mit Abstürzen (Wasserfällen), stark strömenden Bereichen und Kolkbildung. Querhindernisse verhindern nur in Ausnahmefällen die Ausbreitung von Fischen und Fauna. In der Regel wird durch diese sogar die dynamische Strukturvielfalt der Biotope erhöht. Meistens kann durch Querbauwerke auch die Artendiversität sowie die Individuendichte vergrößert werden.

- Selbstverständlich wird man dort wo, dies sinnvoll und mit vertretbarem Aufwand möglich ist, in Verbindung mit dem Bau neuer Wasserkraftwerke auch eine hinreichende Durchgängigkeit herstellen. Dennoch ist darauf hinzuweisen, dass die Bedeutung der Durchgängigkeit weit überschätzt wird. Die Gewässerbetten unserer Flüsse und Bäche bieten für Kieslaicher kaum noch geeignete Laichmöglichkeiten an. Das Bodensubstrat ist nur noch in seltenen Fällen geeignet. Dort wo das Lückensystem nicht verschlammt, versandet oder veralgelt ist, wird das Substrat durch immer steiler ansteigende Hochwasserspitzen im Winterhalbjahr mehrmals umgepflügt, was zu einer Vernichtung der Laichgelege führt. Auch Fische, die ihren Laich in Kraut und Gestrüpp ablegen, wie Raubfische und Cypriniden, erreichen keinen Laicherfolg, weil die Wiesen und Auen, die noch vor einem halben Jahrhundert regelmäßig im Frühjahr wochenlang überschwemmt waren und in dieser Zeit für diese Fische die Kinderstube abgaben, längst drainiert und hochwasserbereinigt wurden.

### **Schaffung neuer Laichgründe in Verbindung mit dem Bau kleiner Wasserkraftwerke**

- Es bietet sich geradezu an, im Zusammenhang mit dem Bau neuer kleiner Wasserkraftwerke sowohl kleinräumige Überflutungsbereiche für Krautlaicher zu schaffen, wie auch im Salmoniden Bereich verfüllte, verrohrte und abgeschnittene Quellbäche, aber auch Wiesengräben und Verzweigungen, die durch Fluss- und Bachfassungen abgeschnitten wurden, wieder anzuschließen und auf diese Weise Laichhabitats für eine erfolgreiche natürliche Vermehrung der Kieslaicher wieder zu erschließen.
- Derartige Projekte wurden bereits im nördlichen Schwarzwald im Einzugsbereich der Murg erfolgreich durchgeführt. Der Verfasser hat diese Projekte besichtigt. Beeindruckend ist hierbei auch eine 10-12 m breite Mindestwasserstrecke, die mit weit geringerer Bewässerung, als üblicherweise gefordert, sich trotzdem zu einem vollwertigen Fischgewässer entwickelt hat.

Bei der Diskussion um Querbauwerke wird übersehen, bzw. vernachlässigt, dass die normalen, im Zuge der Begradigung und Kultivierung der Bäche errichteten Querbauwerke, die bei Niederwasser unüberwindbar erscheinen, bei höherer Wasserführung problemlos überwunden werden können. Auch die vom Biber errichteten Queraufstauungen in natürlichen Gewässern hatten grundsätzlich positive Auswirkungen. Wurde der Biber ausgerottet und seine Bauwerke beseitigt, dann gingen die Fischbestände zurück.

Das neue Ressourcenmanagement auf der Fläche erfordert die übergreifende Zusammenarbeit der Ressorts. Es beruht auf einer Wende zur ressourcenschonenden Wasser-, Land- und Forstwirtschaft mit kleinräumigen, kurzgeschlossenen Wasser- und Stoffkreisläufen als prozessbestimmenden Elementen. Über die Steuerung der Verdunstung durch Vegetation und die Rückführung von Klarwasser und Schlämmen wird das Klima lokal stabilisiert und schließlich auch für das überregionale Klima wirksam. Diese Vorgehensweise ist dezentral und seine Wirkungsweise kann lokal demonstriert werden.

Für eine nachhaltige Entwicklung sind in erster Linie integrierte, zelluläre, quasi autarke Strukturen zu fördern, indem ein wachsender Teil der Gesellschaft mit lokal erzeugten Subsistenzprodukten und den notwendigen Servicefunktionen der Natur, wie Klima, Temperaturregelung, Wasser, Bodenfruchtbarkeit und Atmosphäre beschäftigt und versorgt wird.

Die Rolle der trockenen Treibhausgase für das Klimageschehen wird weitgehend relativiert, die Temperaturregelung „Kühlung“ verstärkt, das Wasserdargebot lokal gesteigert, Kreislaufwirtschaft und Ressourcenwirtschaft gefördert, und der Boden mit Nährstoffen angereichert. Durch die Anhebung des Bodenwasserspiegels wird eine bessere Steuerungsmöglichkeit des Wasserkreislaufes durch die Vegetation erzielt (erhöhte Verdunstung). Eine Wiedereinführung stofflicher Limitierungen z. B. des Sauerstoffs in gewässernahen Böden dämpft dort die mineralisierenden Stoffwechselprozesse und mindert eutrophierende Einträge in die Gewässer. Ferner werden die Abflussganglinien vergleichsmässig und die Stofftransporte minimiert.

### **Voraussetzungen der Empfehlungen**

Sektorale Leitbilder sind nicht in der Lage, ökologische Zusammenhänge darzustellen, wenn sie nicht an einem übergreifenden Energetik -, Wasserkreislauf - und Stoffflüsse abbildenden Leitbild orientiert werden.

Ökobilanzen auf der Basis der verallgemeinernden monetären und ökologischen Bewertung ausschließlich unter lokalen Aspekten, wie z.B. von Artenschutz- und Vermeidungskosten von Kohlendioxidemissionen können weder Natur- noch Steuerungsfunktionen wie die Rückkopplungen zwischen den einzelnen Naturprozessen räumlich und zeitlich diskret abbilden und sind deshalb auch nicht geeignet, Genehmigungen oder Verbote zum Bau oder Weiterbetrieb von kleinen Wasserkraftanlagen zu begründen.

- Administrative, gesetzliche und ökonomische Hemmnisse, die eine effiziente regionale Kreislaufwirtschaft durch sektorale Gesetzgebung auf dem Gebiet des

Umwelt- und Naturschutzes, der Landwirtschaft, der Forstwirtschaft und der Wasserwirtschaft behindern, sind zu beseitigen. Die Gesetzgebung muss sich künftig an dem übergreifenden Leitbild einer integrierten Flächenbewirtschaftung orientieren.

### **Raum- und zeitphasenangepasste Nutzung kleiner Wasserkraftwerke verbessert die Naturfunktion und ist daher zu fördern**

- Dezentrale kleine Wasserkraftwerke sind – wo immer dies möglich ist – zu fördern, da sie geeignet sind, Wasserhaushalt und Stoffströme ihrer Einzugsgebiete regelnd zu gestalten und damit die Naturfunktionen in integrativer Weise zu steigern. Bei intelligenter (raum- und zeitphasenangepasster) Gestaltung - wie Studien im Schwarzwald zeigen -, kann die Strukturvielfalt sogar erhöht werden und die Durchgängigkeit weitgehend erhalten bleiben. Ein ursächlicher Zusammenhang zwischen dem Bau von kleinen Wasserkraftanlagen und den Abundanzschwankungen der Fauna im Gewässer kann weder räumlich noch zeitlich hergestellt oder unterstellt werden.

### **Isolierte sektorale Betrachtungen sind als Entscheidungshilfen fragwürdig**

- Eine isolierte sektorale Betrachtung, wie vom Umweltbundesamt vertreten, räumt der kleinen Wasserkraft keine Prioritäten im Verhältnis zu großen Anlagen ein und empfiehlt, sie nicht mehr zu fördern, im Gegenteil, diskriminiert die kleine Wasserkraft. **Es zeigt sich jedoch, dass gerade kleine Anlagen als Bausteine integriert in die übrigen an Nachhaltigkeit orientierten Bewirtschaftungsziele eingebunden werden müssen. Aus einer funktionalen Sichtweise der Naturprozesse stiften sie natur- und volkswirtschaftlichen Nutzen in fast jedem kleineren Einzugsgebiet**, indem sie sogenannte externe Effekte durch die Förderung von lokalen Kreisläufen internalisieren können.

### **Zentrale Großwasserkraftanlagen führen vielfach zu erheblichen gesamtökologischen Problemen und sind deshalb gesondert zu behandeln**

- Zentrale Großanlagen führen durch die weitläufigen Eindeichungen demgegenüber zu erheblichen landschaftsökologischen Problemen. Sie führen räumlich und zeitlich in nichtlinearer Weise zu unverhältnismäßigen irreversiblen, prozessstörenden Eingriffen in den Wasserhaushalt der Auenlandschaften sowie in den großräumigen Geschiebehauhalt und können bei Durchspülung der Stauketten zu langfristigen Schädigungen ganzer Landschaften führen (Beispiele dafür sind die Austrocknung

der Auwälder sowie die schleichende Schädigung und Vernichtung des Donaudeltas in Rumänien und in der Ukraine).

- Der Rückgriff auf so genannte naturnahe Strukturen als Referenz kann zur heutigen Zeit nicht aufrechterhalten werden. Der Mensch als Bewirtschafter hat in Zukunft die Aufgabe, die Naturprozesse nach den der Natur eigenen Spielregeln so zu gestalten, dass er effizienz- und nachhaltigkeitssteigernd wirtschaftet. Dieses ist nur in einer Kreislaufwirtschaft möglich und lässt eine neue Naturlandschaft (aus zweiter Hand) entstehen, die als nachhaltiges Tragwerk (Hardware) für zukünftige Generationen dienen kann und muss.
- Nachdem es eine unberührte Naturlandschaft zu mindestens in Europa kaum mehr gibt und auch niemand wissen kann, wie sich diese in ihrer Dynamik orts- und zeiteingebunden entwickelt hat, ist die vom Menschen geschaffene Naturlandschaft aus zweiter Hand, wenn sie nach den Spielregeln der Natur effizient gestaltet wird, nicht schlechter zu bewerten als die Naturlandschaft, in die der Mensch hinein geschaffen wurde.

**Es wird daher empfohlen:**

**Zulassungshemmnisse für kleine Wasserkraftwerke sowie für die Kreislaufwirtschaft zu überprüfen.**

Administrative, gesetzliche und ökonomische Hemmnisse, die eine effiziente regionale Kreislaufwirtschaft durch sektorale Gesetzgebung auf dem Gebiet des Umwelt- und Naturschutzes, der Landwirtschaft, der Forstwirtschaft und der Wasserwirtschaft behindern, sind aufzuheben. Die Nutzung der kleinen Wasserkraft fügt sich ideal in das zur Klimastabilisierung notwendige Umweltreparaturprogramm ein, den verloren gegangenen kleinräumigen Wasserkreislauf wieder herzustellen bzw. in Gang zu bringen. Dabei bieten sich einmalige Möglichkeiten, gleichzeitig auch aquatische Habitatsverbesserungen umzusetzen, die besonders der Fischfauna zugute kommen.

## 2. Einleitung

Veränderungen von Perspektiven führen vielfach zu neuer Erkenntnis und Bewusstseinsbildung. Von einer übergeordneten, mehrere Bereiche erfassenden Sichtweise aus können die Stellenwerte von einzelnen Sektoren in Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung besser eingeschätzt und richtungssicher gestaltet werden. Richtungssicher ist dabei ein Handeln, das zum gegebenen Zeitpunkt an einem gegebenen Ort die Systemeffizienz eines bewirtschafteten Ökosystems (Nutzbarkeit für die Gesellschaft) anhebt und nicht absenkt.

Die Interpretation von Naturprozessen im Zusammenhang mit gesellschaftlichen Entwicklungen lässt sich jedoch kaum richtungssicher aus an verschiedenen Orten bzw. in verschiedenen Entwicklungsphasen gewonnenen Resultaten zu generellen naturwissenschaftlichen Aussagen bezüglich der seitens der Gesellschaft genutzten Natursysteme ableiten, wenn die grundlegenden energetischen Verknüpfungsregeln für diese Prozesse nicht bekannt sind.

Ohne vertiefte Kenntnisse der Zusammenhänge, Verknüpfungen und der Stellenwerte der einzelnen Prozesse in Ökosystemen und ihrer Einbettung in ein umgebendes Raum-Zeit Gefüge kann kaum eine konvergente Diskussion bezüglich Schutz und nutzbarer Erhaltung von Ökosystemen geführt werden. Deshalb wurde in der vorliegenden Studie ein Weg gewählt, ein zusammenhängendes Verständnis von Systemeigenschaften unter den dynamischen Bedingungen der Natur aufzuzeigen und mit dem Ziel darzustellen, dass zukunfts-sichere Bewertungen von Eingriffsfolgen in die gesellschaftstragenden Ökosysteme auch vom Leser selber vorgenommen werden können.

Aus Einzelbeobachtungen in einem energetisch, hierarchisch geordneten Naturprozess sind zwar überall Wirkungen und Wechselwirkungen feststellbar, aber der Stellenwert der Einzelbeobachtung wird erst im hierarchischen Kontext bewertbar. Die Verteilungen müssen erst in einem heuristischen Prozess durch geeignete orts- und zeiteingebundene Naturbeobachtungen über längere Zeiträume als Muster bzw. Informationsträger identifiziert werden und können deshalb weder durch Modellierung abgekürzt noch geschätzt werden.

Die Aufteilung von Sonnenenergie durch den Wasserkreislauf in Verdunstung und Versickerung ist bei einer hohen Verdunstungsleistung standortbewahrend, dagegen bei hoher Versickerung und Grundwasserneubildung lokal wasser- und stoffverlustbehaftet. Erst durch intelligente raum- und zeitangepasste am Standort rückgekoppelte Bewirtschaftung mittels gesteigertem Wasserrückhalt in den Böden und optimierter Vegetationsverteilung wird der Standort in Richtung Nachhaltigkeit positiv beeinflusst.

Diese fundamentale Erkenntnis wurde im Gutachten als übergeordnetes Kriterium für die Beurteilung der vorhandenen Vielfalt von Studien zur Bewertung von Naturprozessen zugrundegelegt. Sie stellt die grundlegendste bis heute bekannte übergreifende Systemspielregel (dynamische Einordnung bei geringstem Energiefluss) dar und bildet damit direkt Nachhaltigkeit bezüglich der Bodenbewirtschaftung und intergenerativer Gerechtigkeit ab. Diese Spielregel schafft die Möglichkeit, sämtliche auf täglicher Basis benötigten Subsistenzprodukte auf der eigenen Landesfläche dauerhaft zu erwirtschaften, ohne die Systeme irreversibel zu beschädigen. Wenn sie als Kriterium anerkannt und verstanden wird, werden zunehmend richtungssichere Beurteilungen in Raum und Zeit wieder möglich.

Bei der Erstellung des Gutachtens wurde der Weg gewählt, einen Abriss der Systemökologie mit den Zusammenhängen zwischen Energie, Wasser, Vegetation und Boden so darzustellen, dass der Leser eine Beurteilung der vorhandenen sektoralen Gutachten vornehmen und die Möglichkeit der kleinen Wasserkraft und ihrer ökologischen Auswirkungen abschätzen kann.

Im Gegensatz zu den beiden wichtigsten Kriterien anderer Gutachten für die Beurteilung der kleinen Wasserkraft – die monetäre Bewertung der vermiedenen Kohlendioxidemissionen und die Kosten für Ausgleich und Ersatz (vgl. UBA, 1998) – wurde der Schwerpunkt dieses Gutachtens auf den Zusammenhang zwischen dem Landschaftswasserhaushalt, der Vegetation und seinen Auswirkungen auf das Klima sowie die Einordnung des Stellenwertes der Artendiversität im Kontext eines den Erkenntnisstand einbeziehenden Prozessschutzes gelegt.



### **3. Ableitung der Kriterien zu einer funktionalen ökologischen Bewertung und Gewichtung des Eingriffes in den Naturhaushalt von Gewässern und ihren Einzugsgebieten durch kleine Wasserkraftanlagen**

#### **3.1. Warum ein übergeordnetes Leitbild erforderlich ist**

Von Nachhaltigkeit und intergenerativer Gerechtigkeit trennt uns heute ein fehlendes übergeordnetes Leitbild. Irreversibilitäten (Unumkehrbarkeiten) in den einzelnen Prozessen sind die Quelle der Instabilität besonders dann, wenn sich zeigt, dass eine inadäquate Bewirtschaftung die Nutzbarkeit des Systems dauernd beeinträchtigt und dass dabei wohlgemeinte gesetzgeberische Ansätze an den Schnittstellen der einzelnen Sektoren zu zusätzlichen irreversiblen Prozessen und damit weiteren Verschlechterungen (Verschlimmbesserung) führen. Es ist daher unumgänglich die Prozesse in der Natur zusammenhängend zu verstehen. Die wissenschaftliche Basis dafür ist mit der Dissipation der Energie (Verteilung der Energie in Zeit und Raum hin zur geringsten Energieflussdichte) und den sich daraus ergebenden energiedissipativen Strukturen in ihrer Kopplung gegeben (vgl. auch Prigogine 1980).

Die Beliebigkeit in Systemabgrenzungen und Zuordnung einzelner Prozesse zu verwaltbaren Strukturen haben sich, insbesondere seit fossile Energie zur Prozesssteuerung eingesetzt wurde, vielfach als unzureichend und schädlich erwiesen. **So wurde in den letzten 150 Jahren der Wirkungsgrad der Ökosysteme durch massive Eingriffe in den Wasserhaushalt, Vegetation und Boden und die Stoffflüsse dramatisch verschlechtert.**

#### **Kleine Wasserkraftwerke tragen wirkungsgradsteigernd zur Verbesserung des Wasserhaushaltes bei**

Anhand kleiner Wasserkraftwerke wird gezeigt, dass es möglich ist, eine wirkungsgradsteigernde Problemlösung in kleineren Einzugsgebieten (aus denen die gesamte Landschaft aufgebaut ist schrittweise zu erzielen, und damit das gesellschaftliche Tragwerk Natur mit seinen für sämtliche Organismen notwendigen Subsistenzprozessen dauerhafter und damit nachhaltig nutzbarer zu gestalten.

### 3.1.1. Natürliche Fundamente der Ökosysteme

Ökosysteme sind hierarchisch-adaptive Systeme (vgl. auch Jörgensen 1992). Als wichtigstes Merkmal weisen sie eine Selbstorganisation auf. Diese resultiert aus dem präzise strukturierten Energieangebot der energetischen Wechselwirkung zwischen Sonne und Erde und aus den Rückkopplungen des räumlich bzw. stofflich limitierten Systems Erde unter dem Einfluss des lokalen Wasserkreislaufs. Diese Systemfunktion von Ökosystemen ist in ihren energetisch hierarchisch gegliederten Zusammenhängen noch wenig in unserem Bewusstsein und Auswirkungen im Gesellschaftssystem verankert. „Hierarchie“ kann bildlich gesprochen als eine „Geschäftsordnung“ der Natur verstanden werden, während „Adaption“ Rückkopplungen auf den verschiedenen räumlichen und zeitlichen Skalen beinhaltet.

Die derzeitige Sichtweise bildet die hierarchisch gegliederten Stellenwerte der natürlichen Energetik des wichtigsten dynamischen Mediums Wasser in der Ökosystementwicklung und -stabilisierung nicht adäquat ab. Dieser sektorale „komplexe“ Ansatz anstatt eines hierarchisch-adaptiven ist daher nicht in der Lage, unsere zukünftigen ökologischen Probleme zu lösen und müsste deshalb so schnell wie möglich durch einen funktionalen, am Wirkungsgrad des Ökosystems orientierten Ansatz ersetzt werden. Trotz der gesellschaftlichen Anstrengungen und des erheblichen Einsatzes von Mitteln ist es bisher nicht gelungen, die ökologischen Belange auf der Landesfläche so zu steuern, dass eine Verbesserung in Richtung nachhaltiger Natur- und Volkswirtschaft sichergestellt werden könnte.

Dagegen erfolgt mit der natürlichen Entwicklung von Ökosystemen in teilgeschlossenen Einzugsgebieten eine Steigerung ihrer Nutzungsdauer durch räumlich und zeitlich kürzer geschlossene Kreislaufführung des Wassers und der Stoffe in Wechselwirkung mit einer zunehmend effizienteren Vergesellschaftung von Organismen. Als unmittelbare Steuergröße dafür fungiert der Wasserkreislauf als der Primärprozess für die hydromorphe (vom Wasser geprägte) Gestaltung der Erdoberfläche. Bei der nachhaltigen Entwicklung von Ökosystemen gibt es eine zunehmende Wechselwirkung der wasser- und lichtgetriebenen Vegetation mit dem Wasserhaushalt, wobei der Niederschlag in Verdunstung, Versickerung und oberflächlichen Abfluss aufgeteilt wird. Die Aufteilung in diese Transportpfade bewirkt entweder eine Dämpfung von irreversiblen Stoffflüssen durch Erhöhung der Wasserhaltekapazität und Verdunstung oder eine Steigerung der Stoffverluste in den Oberböden durch Versickerung von Regenwasser und Auflösung der vegetationsermöglichenden Stoffe und Abtransport – ohne Wiederkehr - von Nutstoffen über die Flüsse zum Meer.

## Basen und Nährstoffe werden ausgeschwemmt

Die Größenordnung der Stoffflüsse für Deutschland wurde in einem Forschungsprojekt des BmBF ermittelt und zeigt, dass z. Zt. etwa 1000 bis 1500 kg gelöster Basen und Nährsalze pro Hektar und Jahr !! aus der gesamten Landesfläche irreversibel (für etwa 200-300 Millionen Jahre) ins Meer ausgetragen werden. Dies entspräche einer jährlich notwendigen Aufbringung von etwa 600 bis 700 kg Dolomit- oder Kalkmehl pro Hektar und Jahr ( $\text{ha} \cdot \text{a}$ ) auf der gesamten Landesfläche zur Kompensation der Verluste an Basenkationen vor allem des Kalziums und Magnesiums (Ripl *et al.*, 1996).

Ein vom Menschen nicht bewirtschaftetes und vegetationsoptimiertes System weist dagegen Ausschwemmungsverluste zwischen 10-20 kg/ha/a - abgeleitet aus paläolimnologischen Bohrkernen (Digerfeldt, 1972), und Abflüssen von Rest-Urwäldern bei Schneeschmelze (Ripl, 2004) auf. Die Entwicklung einer Vegetation und ihre lokale Bewirtschaftung durch Konsumenten (Tiere, Menschen) führt neben einer Erhöhung der Bruttoprimärproduktion auch zu einer gesteigerten lokalen Verdunstung und Taubildung, einer jahreszeitlichen Vergleichmäßigung des Abflusses und zu einer Akkumulation von Streu bis zu einem Optimum an Wasserhaltefähigkeit des Oberbodens. Sie ermöglicht eine flächenhafte Verdunstung über das ganze Jahr und bewirkt damit einen optimalen Temperatenausgleich zwischen den hydromorphen Landschaften, die sich je nach Lage divers ausbilden. Während die Kühlung am Tag somit durch Verdunstung erfolgt, wird die Temperatur in der Nacht durch Taubildung (lokale Kondensation des zuvor verdunsteten Wassers) erhöht. Dies gilt auch in geringerem Maß für die lokalen jahreszeitlichen Temperaturschwankungen.

Aus diesen Befunden lässt sich ein Maß für die richtungssichere Entwicklung von Ökosystemen ableiten. Das Verhältnis von Gesamtstoffwechsel minus irreversibler Stoffverluste vom Land zum Meer geteilt durch den Gesamtstoffwechsel - ausgedrückt in Protonenfluss oder Ladungsfluss - ergibt das Maß für den ökologischen Wirkungsgrad der räumlich in Einzugsgebiete gegliederten abgrenzbaren Ökosysteme (Ripl, 1995, Hildmann, 1998).

Sämtliche biologischen Prozesse, wie Produktion und Atmung werden über lokale, zeitphasenabhängige Rückkopplungen gesteuert und bilden damit die Basis für eine zunehmende Artenvielfalt. Dabei gilt, dass die Biozönose (Lebensgemeinschaft) mit besserer Kreislaufführung und geringeren stofflichen Verlusten (bessere Ressourcennutzung) wachsen und sich ausbreiten kann, während die Biozönose, die sich einer schlechteren Ressourcenwirtschaft (Kreislaufführung) bedient, schrumpfen muss bzw. auf Flächen oder Bereiche zurückgedrängt wird, wo das Wirkungsgradsverhältnis zu ihren Gunsten wechselt.

Dieser Prozess der Selbstoptimierung ist die Basis für die hohe Artenvielfalt in unberührten Gebieten.

Das übergeordnete „Streben“ von Ökosystemen ist demnach die Entwicklung perfektionierter verlustarmer Stoffkreisläufe durch Steuerung des Wasserhaushaltes zu kurzgeschlosseneren und lokaleren Wasserkreisläufen zwischen Atmosphäre und Vegetation bzw. der dynamischen Schnittstelle zum geologischen Substrat, das in seiner Funktion den Boden darstellt. Es treten flache Gradienten (Übergänge) bzgl. der Temperatur, der Feuchte und der chemischen Eigenschaften auf, die Arten in ihrer Vergesellschaftung nach Stoffwechseleigenschaften sortieren und damit ihre Vielfalt mit zunehmender Orts- und Zeitstabilität auf der Fläche gewährleisten. Indes sind Störungen in der Dynamik des Naturprozesses immer aufgetreten. Eine Selbstheilung erfolgt, solange die Störungen räumlich begrenzt sind und die Störfrequenzen die jeweils notwendige Regenerationszeit der angepassten Organismengesellschaft nicht übersteigen.

### **3.1.2. Der Mensch als Bewirtschafter**

#### **Die Wüstenbildung schreitet immer schneller fort**

In dieses sich selbstorganisierende System trat der Mensch als Bewirtschafter und hat sich durch seine Ausbreitung längst von den ursprünglichen ökosystemischen Rahmenbedingungen getrennt. Ohne die Zusammenhänge zwischen Wirkungsgrad und Stabilität in seiner Naturlandschaft zu erkennen, hat er bis heute insgesamt gesehen (von zeitweilig nachhaltigen Wirtschaftsweisen einiger Völker und Kulturen abgesehen) den Wirkungsgrad seines Lebensraumes sukzessiv lokal und damit zunehmend auch global abgesenkt - mit der Folge einer Zunahme der Denudation (Auszehrung) der Landschaften und der zunehmenden Wüstenbildung. Trotz erheblicher Anstrengungen im Artenschutz, der soweit ging, dass zum Artenerhalt vielfach auch verlustreiche Bewirtschaftungsansätze gewählt wurden, ist es deshalb nicht gelungen, unser System so zu stabilisieren, dass damit die Subsistenz- und Servicefunktionen der Natur für Mensch und Gesellschaft auch in Zukunft zu gewährleisten sind. Um die Subsistenzfunktionen der Natur für den Menschen aufrechtzuerhalten, ist es wichtig, die auf täglicher Basis für die Bürger aber auch für sämtliche Organismen notwendigen Naturleistungen in Form von Subsistenzprodukten gesondert von den übrigen Wirtschaftsgütern zu behandeln, lokal vorzuhalten und vorrangig die dabei auftretenden Stoffströme bezüglich ihrer Verluste zu betrachten bzw. zu minimieren.

Zu den lokal zu erwirtschaftenden Subsistenzfunktionen für die Gesellschaft gehören:

- Wärme und Energie aus erneuerbaren Energieträgern,
- Wasser als Destillat (technisch hergestelltes Kondenswasser oder natürliches Regenwasser) und aus nicht verunreinigtem Oberflächenwasser gewonnenes Wasser für Trink- und Brauchwasserzwecke,
- Nahrungsmittel und erneuerbare Rohstoffe,
- sowie ein funktionaler Naturschutz: Aufrechterhaltung der Atmosphärenfunktion, der Klimafunktion, der Bodenfruchtbarkeit und des Wasserhaushaltes bzw. der Temperaturengleichsfunktion mittels Vegetation.

Diese Subsistenzprodukte können in globalisierter Form weder nachhaltig produziert noch gehandelt werden, da dazu eine lokale Kreislaufwirtschaft unabdingbar ist. Eine lokale bzw. regionale Kreislaufwirtschaft ist deshalb aus Gründen des Vorhaltens der Subsistenz aller Bürger auf dem Globus unverzichtbar. Die zukünftige nachhaltige Bewirtschaftung muss vorrangig über einen lokalen Wasserhaushalt und damit zunehmend geschlosseneren Stoffflüsse steuerbar sein. Verlustarme Stoffkreisläufe sind nur in zellularen, quasi autarken Strukturen möglich. Dabei ist der Wasserhaushalt die zentrale Steuergröße.

### **Der lokale Wasserkreislauf muss wieder hergestellt werden**

Mit dem gezielten Aufbau verdunstungsfähiger Vegetationsstrukturen bzw. wasserhaltenden, organisch geprägten Böden kann der kleinräumige Wasserkreislauf in abgewirtschafteten Gebieten wieder aufgebaut werden.

### **Kleine Wasserkraftwerke können die Wasserrückhaltung in abgewirtschafteten Gebieten wiederherstellen**

Als wichtiges Element können kleine Wasserkraftanlagen durch ihre Wasserrückhaltefunktion solche Prozesse steuernd unterstützen.

Eine solche Steuerung ist gekennzeichnet durch einen besseren Temperaturengleich, indem Wasser in der Landschaft so zurückgehalten wird, dass es durch das Blattwerk der Vegetation vergrößerten Flächen über längere Zeit verdunsten kann, ohne dass der Boden austrocknet, und damit die gesamte Landschaft eine ausgleichende Temperaturengleichung aufweist. Versickerung bzw. Grundwasserneubildung können dementsprechend zurückgefahren werden, Flurabstände verringern sich. Die Resultate einer derartigen Steuerung

sind direkt als zunehmend am Tag besser gekühlte Landschaften aus laufend ausgewerteten Satellitenbildern (Infrarotstrahlung der Erdoberfläche) erkennbar.

Der Temperatenausgleich erfolgt auf der untersten hierarchischen Ebene in der Vegetation, oberirdisch durch Blatt- und Haar- sowie unterirdisch durch Kapillarstrukturen an den Wurzeln. Der Prozess ist gebunden an Strukturen mit gesteigerter Oberflächenenergie, die einerseits rascher verdunsten andererseits aber auch das verdunstete Wasser in räumlicher und zeitlicher Nähe wieder kondensieren. Es entstehen extrem kurzgeschlossene Wasserkreisläufe mit der Fähigkeit, eine optimale Temperaturverteilung zwischen Tag und Nacht im Vegetationsraum zu gewährleisten (energiedissipative Strukturen). Diese Strukturen reagieren bzgl. ihrer Verdunstungsfähigkeit wesentlich rascher und effizienter als offene Wasserflächen, die nur passive Verdunstungseigenschaften und ein ungünstiges Oberflächen/Volumen-Verhältnis aufweisen. Der Boden stellt dabei die von der Vegetation gebildete dynamische Schnittstelle zum geologischen Substrat unter der Rahmenbedingung des von der Vegetation gesteuerten Wasserhaushaltes dar. Er stellt einen optimalen Prozessraum für den Stoffwechsel der Pflanze in seinem Wasser- und Stoffhaushalt dar.

Die Vegetation als aktive Kühlstruktur führt zu flachen Gradienten bezüglich des Wasserflusses, der Feuchtigkeit und der Stoffverteilung und bildet damit eine gute Basis für die Differenzierung bzgl. Temperatur und effizienter Organismengesellschaften mit optimierter Stoffretention durch Kreislaufführung. Sie schafft mit der stofflichen Ausstattung am Standort ein Maximum an kreisgeführtem dynamischen Stoffumsatz bei weitestgehender Verringerung von stofflichen Verlusten. Dadurch, dass der Destillationsprozess bei Erhalt der Nutstoffe in der Landschaft stattfindet, bildet Vegetation eine optimierte Schnittstelle zum Klimasystem sowie zur Wasserreinhaltung und gewährleistet ein Maximum an Subsistenzfunktion für jegliche Organismengesellschaft einschließlich der des Menschen. Dabei ist nicht jede beliebig gewünschte Organismengesellschaft jederzeit erzielbar, es wird jedoch das optimale ortseingebundene Organismenensemble dadurch gefördert, dass es sich bis an die durch andere Rahmenbedingungen gegebenen Grenzen des Wirkungsgrads ausbreiten kann, während weniger angepasste Gesellschaften schrumpfen müssen.

### **3.2. Zur Notwendigkeit eines übergeordneten Systemleitbildes**

Die dargelegten Zusammenhänge beziehen sich auf so unterschiedliche wissenschaftliche Disziplinen wie Klimatologie, Meteorologie, Limnologie, Bodenkunde, Land- und Forst- und Wasserwirtschaft. Um die Stellenwerte der aus den einzelnen Sektoren in Forschung und Bewirtschaftung erfahrenen Systemzusammenhänge zu erkennen, zu interpretieren und zu bewerten, ist deshalb (ähnlich wie auf einem Puzzle) ein integratives querschnittswissenschaftlich

orientiertes Leitbild für die Prozessabläufe bzw. die vielfach gekoppelten Funktionen der Natur unverzichtbar.

Wie kann im Gegensatz zu heute eine richtungssichere Flächenbewirtschaftung durch ein solches integratives Leitbild gefördert, und nicht verhindert werden, wie die bisherigen sektoralen Erfahrungen einer Fachexpertengestützten Naturverwaltung zeigen. Ein Beispiel für eine nicht richtungssichere Wissenschaft und Bewirtschaftung stellt die weitgehend wassermengenbasierte Wasserwirtschaft dar.

### **Die traditionelle Wasserwirtschaft hat versagt**

Ihr ist es gelungen, in einem Zeitraum von weniger als 100 Jahren die für die Subsistenz der Bürger notwendigen Tragwerkssysteme u.a. durch Austrocknung und Überhitzung ganzer Landschaftsteile weitgehend zu degenerieren. Als wissenschaftliches Mittel wurden dazu Modellrechnungen verwendet, auf deren Grundlage stabil gewähnte Klimakennfelder mit den höchsten Niederschlagswahrscheinlichkeiten im Sommer im gesamten norddeutschen Raum – so auch im Land Brandenburg - destabilisiert wurden. .

Auch haben - wie bereits oben thematisiert - unsere bisher genutzten Naturschutzleitbilder über eine Erhöhung der Artenvielfalt keineswegs zu einer nachweisbaren Verbesserung der Systemstabilität geführt. Im Gegenteil wird täglich deutlicher offenbar, dass sich der Aufwand, Strukturen in der Natur an einigen ausgewählten „Filet“stückchen zu schützen, ständig erhöht. Gewissensberuhigende Ausgleichsmaßnahmen bei Eingriffen können nicht zielführend sein. Diese tragen den elementarsten Spielregeln der Natur kaum Rechnung, sondern steigern die Beliebigkeit in Natur und Landschaft, produzieren irreversible Stoffflüsse an mehreren Stellen gleichzeitig und gefährden damit die Prozessstabilität der gesellschaftstragenden Systeme.

#### **3.2.1. Die überragende Rolle des dissipativen Wasserkreislaufs für die Steuerung von Klima, Stoffströmen und Bodenfruchtbarkeit**

Kernelement dieses Leitbildes ist die zentrale Rolle des Wassers, das durch seine Vielfalt an adaptiven Kreisläufen und deren raumzeitlichen Verteilungen Vegetation, Boden und Atmosphäre unmittelbar betrifft. Dieses prozessorientiertes Leitbild (ETR-Modell als Referenzmodell: Ripl *et al.* 1995, 2001, 2002 und 2003) muss sich naturgemäß mit dem Systemantrieb und mit den Prozessen der Energiedissipation (Verteilung von Energie in Zeit und Raum) beschäftigen. Über das Wasser wird Energie umgesetzt und bewirkt Transport-,

Reaktions- und Temperaturlausgleichsprozesse als Voraussetzung für eine Strukturbildung auf der Fläche und in der bodennahen Atmosphäre (Abb. 1).

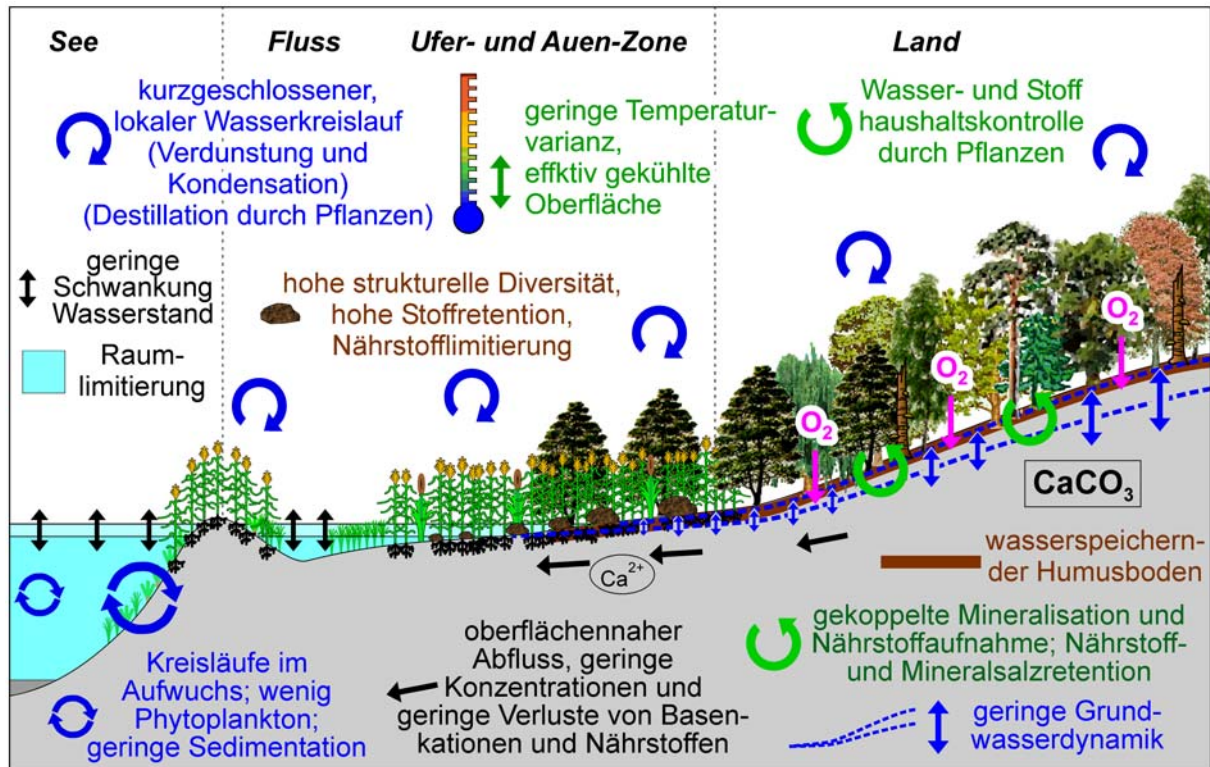


Abb.1a: Dissipativer Wasserkreislauf (ursprünglicher Zustand)





Abb.1b: Dissipativer Wasserkreislauf (aktueller Zustand)

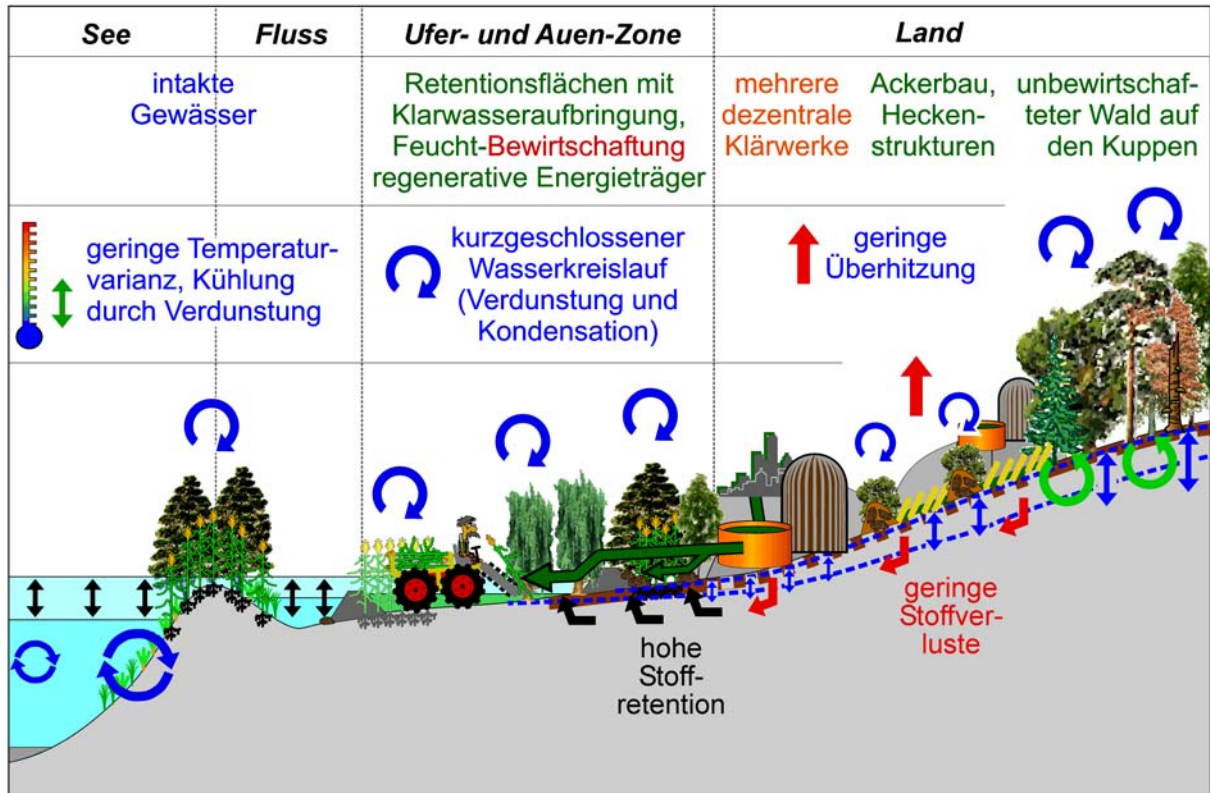


Abb.1c: Dissipativer Wasserkreislauf (zukünftiger Zustand) (Abb. 1 Wolter &amp; Rippl unveröff.).

Wasser weist als Besonderheit Energiesprünge beim Wechsel der in der Natur vorkommenden Aggregatzustände (Phasenübergänge) auf. Die Vegetation spielt in diesem Kontext als energiedissipative Temperaturlausgleichsstruktur eine wesentliche Rolle, da sie historisch belegbar den Wasserkreislauf über den Prozess der Evapotranspiration durch Bereitstellen von Phasengrenzflächen zunehmend steuert und dabei in der Lage ist, Klima-Extremata effizient zu dämpfen.

Wasser wirkt – und dies ist einzigartig – als energiedissipatives Medium, den täglichen Energiepuls von der Sonne auf die Fläche zu dämpfen. Diese Kühlfunktion kann es nur solange erfüllen, solange die Fläche durch Wasserrückhalt in einer oberflächlichen Vegetations- bzw. organischen Streuschicht verdunstungsfähig ist, d.h. flächendeckend und über das Jahr hinweg genügend Wasser oder Feuchte für den Verdunstungsprozess aufweist. Vegetation wirkt zusammen mit dem bodennahen Wasser als temperaturlausgleichendes Medium, das durch aktive Evapotranspiration auch dadurch als Attraktor für Niederschläge wirkt, dass sie besser die Temperaturen ausgleicht und als lebende Substanz eine höhere Wärmekapazität als Wasserflächen aufweist. Sie bildet durch den jahreszeitlichen Auf- und Abbauprozess (Witterung von Mineralien, Photosynthese- und Respirationprozess) an der Schnittstelle zum geologischen Substrat ihren eigenen stofflich kurzgeschlossen und optimiert bewirtschafteten Standort, den Boden aus.

Während die Dynamisierung der Wassermoleküle durch die Absorption von Wärmerückstrahlung aus den Böden und der Vegetation bei genügend verfügbarem Wasser- bzw. Wasserdampf zu kurzgeschlossenen und daher lokalen Änderungen der Wasserkreislauf-führung in der Atmosphäre führen, wird bei Fehlen von bodennahem Wasser  $\text{CO}_2$  als trockenes wärmeabsorbierendes Klimagas zunehmend wirksam. Das Fehlen von bodennahem Wasser trägt daher in wesentlichem Maß zu lokalen Klimaphänomenen bei, die zunehmend auch global die Atmosphäre bezüglich ihrer Stoff- und Temperaturverteilung verändert. Dabei wirkt sich sicher nicht die mittlere Temperatur entscheidend auf das Klima aus, sondern die zunehmenden Amplituden und ihre verringerte Dämpfung. Dabei wird Energie bei ausreichenden Wasserdampfgehalten unter Einbeziehung der wesentlich stärkeren Energiedissipation beim fast täglichen lokal ausgebildeten Phasenwechsel zwischen flüssig,- gasförmig und flüssig, und fest dissipiert. Die Reaktivität von instabilen Radikalen und nicht terminell (endgültig) oxidierten oder reduzierten trockenen Treibhausgasen ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{CH}_4$ ) wird ferner in hohem Maße von der Feuchtigkeit der kondensierenden Vegetationsoberflächen und ihrer Grenzflächenaktivität gesteuert (Abb.2).

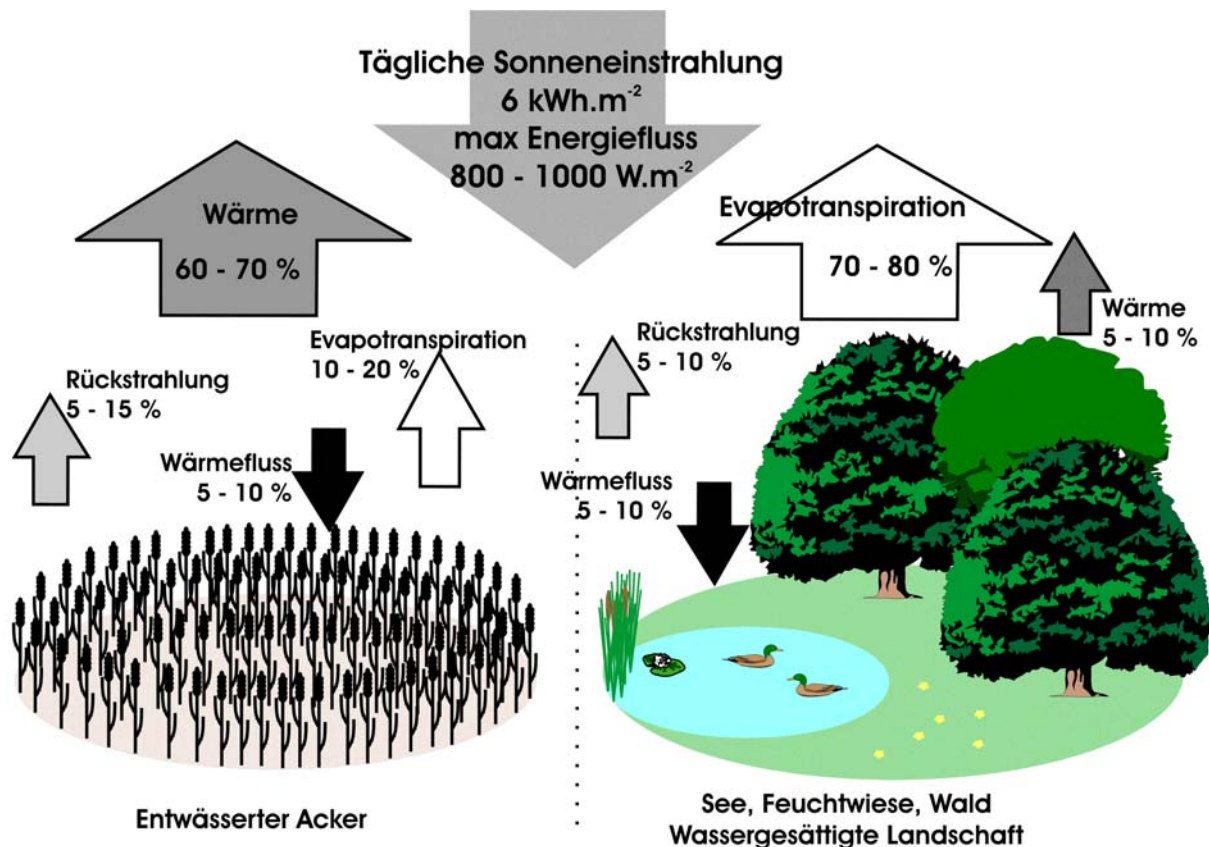


Abb. 2: Vergleich der Energetik einer entwässerten und einer wassergesättigten Landschaft (nach Pokorny 2001)

Dies trifft auch für die Stoffflüsse im Oberboden zu, die bei vorhandenem Kondenswasser nachhaltigkeitssteigernd durch entsprechenden Sauerstoffmangel gesteuert werden, indem die lokalen Kreisprozesse durch zunehmende Evapotranspiration verstärkt werden. Irreversible lösliche Nutzstoffflüsse als Austräge mit den Gewässern zum Meer werden dabei minimiert und die Anreicherung von weniger löslichen Schadstoffen in den Oberböden dadurch verzögert.

Vegetation und Boden bilden zusammen mit dem lokalen Wasserkreislauf eine Systemeinheit, in deren organischer Matrix Nähr- und Mineralsstoffe ortsfest, aber dynamisch gebunden sind und bei Bedarf durch pH-Absenkung (Steuerung durch Abgabe von  $\text{H}^+$ -Ionen) an den Haarwurzeln pflanzenverfügbar werden. Mit dem gepumpten Wasser werden die aufgenommenen Nutzstoffe internalisiert transportiert und zwar solange die Vegetation ihren Standort mit Wasser als Transport-, Kühl- und chemisches Reaktionsmedium aktiv und vom Menschen ungehindert nutzen bzw. bewirtschaften kann.

Diese fundamentale temperatenausgleichende und bodenerhaltende Rolle des bodennahen Wasserdampfes wird leider in der Klimaforschung bisher weitgehend unterschätzt. Die bei der Verdunstung im Zusammenhang mit der Vegetation benötigte Energie wird bei der

Kondensation von Wasserdampf an Phasengrenzflächen wieder an die Atmosphäre bzw. die oberflächenaktiven Strukturen der Vegetation abgegeben. Dabei werden die Atmosphäre und die Kondensationsflächen (u.a. Blattwerk) durch Freiwerden der latenten Wärme aufgewärmt. Dies ist ein ökologisch höchst wichtiger Prozess, der Lebensgemeinschaften selektiv beeinflusst und die herausragende Rolle des wichtigsten Klimagases Wasserdampf aufzeigt. Als Wasserdampf bzw. Nebel beeinflusst der bodennahe Wassergehalt der Atmosphäre in hohem Maß die Rückstrahlung von Wärme an die Atmosphäre sowie die Energieaufteilung (Partitionierung) zwischen Wasser, Wasserdampf und CO<sub>2</sub>. Dadurch werden Winde, Temperaturverteilung und die Dynamik der Baumgrenzen, sowie Emissionen und Immissionen gesteuert. Die lokalen energetischen Inkremente (nicht über den Wasserhaushalt dissipierte Energie, Überhitzung) bestimmen in ihrer Summe weitgehend das Großklima. Die These, dass der Wasserkreislauf das Klima eher bestimmt als die CO<sub>2</sub> Konzentrationen den Wasserkreislauf, ist mit den heutigen Klimamodellen nicht falsifizierbar. Deshalb müssen Zweifel angemeldet werden, ob die auf den Klima-Modellrechnungen fußenden Hypothesen, in denen Rückkopplungen nur in geringem Maße berücksichtigt werden, jemals bestätigt werden können. Dagegen zeigen neue Forschungen die signifikante Rolle des Wassers auch im Klimageschehen. Die Ergebnisse dieser Forschung lassen auch die Ergebnisse der Klimafolgenforschung in zweifelhaftem Licht erscheinen. (Pielke *et al.*, 1999, Pielke, 2001 und Pielke, in press).

Allein die erwartete Systemträgheit, mit der eine Steuerung durch die sicherlich notwendige Ächtung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in die Atmosphäre den sich verändernden Klimaprozess, so wie er beschrieben wurde, stoppen könnte, macht die heute noch verfolgte Klima Hypothese so gefährlich, weil sie fatalistisch ist. Eine rasche Umsetzung der internationalen Verträge und die Einführung eines globalisierten Zertifikathandels würden ohne Berücksichtigung eines vermehrten lokalen flächengebundenen Pflanzenproduktionsprozesses möglicherweise erst in einem Zeitrahmen von 50-100 Jahren die CO<sub>2</sub>-Konzentrationen global wirksam vermindern können. Dabei ist bei rasch wachsenden Energiemärkten zu erwarten, dass die nicht erneuerbaren fossilen Energiequellen sich bereits in kürzerer Zeit so verteuern, dass sich diese Anstrengungen als eher theoretisch erweisen. Außerdem hat sich bereits gezeigt, dass die Klimaziele durch die eingeleiteten internationalen Maßnahmen nicht erreicht werden können, dies auch, weil der Verbrauch an fossilen Energieträgern besonders in Asien eher noch erheblich ansteigen wird.

Der starke Temperatenausgleich (oder Kühleffekt) des Wassers beruht auf der hohen spezifischen Verdampfungswärme des Wassers beim Phasenwechsel flüssig-gasförmig, die bei 20°C 2,452 kJ/g beträgt (Liljequist & Cehak, 1990) und der kurzen Umsatzzeit von im Mittel 9 Tagen (mittlere Umsatzzeit CO<sub>2</sub>: 4 Jahre). Bei einer Verdunstung von 5 mm am Tag beträgt der Kühleffekt 12,3 MJ/m<sup>2</sup> (W/m<sup>2</sup>). Die gleiche Kühlleistung durch vorbeiströmende

Luft, die dabei um 10°C aufgewärmt wird, erfordert bei einer Wärmekapazität von 1,005 kJ/(kg \* °C) eine Luftsäule von etwa 945 Metern. Diese Differenzen verdeutlichen die Signifikanz des Wassers als dissipativem Kühlmittel auf der Erdoberfläche. Es bewirkt die Vergleichmäßigung des täglichen und jahreszeitlichen Temperaturganges am Standort durch kurzgeschlossene Verdunstungs- Kondensationszyklen. Weiträumige, besonders vertikale Ausgleichsbewegungen der Luft werden effizient gedämpft (Ripl & Wolter, 2003).

Dagegen bestimmen von Beliebigkeit geprägte Sichtweisen der Deutung von Naturprozessen in zunehmendem Maß das politische Handeln. Emission von Spurengasen, die sogenannten Treibhausgase - CO<sub>2</sub> aus fossiler Verbrennung, CH<sub>4</sub> aus Landwirtschaft und Deponien, N<sub>2</sub>O aus Düngemittelanwendung und FCKW - werden heute vorrangig mit den beobachtbaren Klimaänderungen in Verbindung gebracht:

**„An der, durch die direkte Wirkung anthropogen emittierter [trockener] Treibhausgase erzeugten Verstärkung des Treibhauseffektes sind nach Angabe des Abschlußberichtes der Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages `Schutz der Erdatmosphäre` (1995) CO<sub>2</sub> mit etwa 50 %, CH<sub>4</sub> mit 13 %, FCKW mit 24 %, N<sub>2</sub>O mit 5 % sowie stratosphärischer Wasserdampf und troposphärisches Ozon mit insgesamt 8 % beteiligt.“** (UBA, 2001, S. 5).

**Das kann nur zu falschen politischen Folgerungen führen!**

### **3.2.2. Wasser und Vegetation - Steuergrößen im Landschaftshaushalt**

Analyse und Schlussfolgerungen aus einem an der linearen Emission trockener Treibhausgase orientierten Klimamodell weisen durch Dynamisierungseffekte sowie Unterschiede in der Wärmekapazität der Strahlungsempfänger entscheidende methodische Mängel auf, bzw. orientieren sich an einem stark verkürzten Prozessverständnis und entbehren hinsichtlich ihrer prognostizierten Wirkungen noch immer der naturwissenschaftlichen Grundlage.

### **UBA (Umweltbundesamt) Denkansätze sind verkürzt und nicht zielführend**

Verkürzte Ansätze, über die Vermeidung von CO<sub>2</sub>-Emissionen den Konflikt zwischen Klima- und Gewässerschutz zu lösen (vgl. UBA, 1998), sind deshalb auch nicht zielführend. Die an einem solchen Klimamodell orientierte Sichtweise, - wie die einzelnen zur ökologischen Bewertung kleiner Wasserkraftwerke erstellten Gutachten -, verhindert die Möglichkeiten der Gesellschaft, lokal angepasst und phasengerecht zu handeln, um die Klimaänderungen, die vorrangig lokal durch Landwirtschaft, Industrie und Verkehr verursacht wurden, wieder ins

Lot zu bringen. Würde dem lokalen Wasserhaushalt und dem Temperatenausgleich durch Verdunstungsfähigkeit auf der Fläche die entscheidende Rolle für das Einzugsgebietssystem und seine Funktionen eingeräumt, veränderten sich die Stellenwerte der einzelnen klimabestimmenden Komponenten dahingehend, dass kleine Wasserkraftwerke - und nicht nur diese - nach ihrer ökologischen Funktionalität bewertet würden. Die Frage lautet dann, welchen Beitrag diese Wasserkraftwerke für die Subsistenzfunktionen Energie, Wasser, Nahrungsmittel, Rohstoffproduktion sowie den funktionalen Prozessschutz der Natur für das jeweilige Einzugsgebiet leisten könnten.

Kleinräumige Verdunstung und Kondensation des Wassers an der Boden- und Pflanzenoberfläche sowie die aktive Evapotranspiration der Pflanzen bewerkstelligen den Temperatenausgleich bzw. die entscheidende Kühlung auf täglicher und jahreszeitlicher Basis, der als gemäßigtes Klima in unseren Breiten den Unterschied zu den Wüsten der Erde bildet. Feuchte gekühlte Flächen wirken darüber hinaus als Attraktor für in ihrer Intensität vergleichmässigte Niederschläge und dämpfen – wie bereits oben angeführt - im Einzugsgebiet das Abflussgeschehen.

Erst das flächenhafte Fehlen von bodennahem Wasserdampf in stark reduzierten Vegetationsschichten kann den Anlass bilden, die Rolle der trockenen Treibhausgase als verstärkendes Element der ablaufenden Klimaprozesse wahrzunehmen.

### **Abschmelzen der Gletscher ist hausgemacht**

Das Abschmelzen der Gletscher ist kaum ein Effekt der trockenen Treibhausgase und einer aus in Raum und Zeit beliebig verteilten Messreihen rechnerisch ermittelten angestiegenen „mittleren Temperatur“. **Ihr Abschmelzen ist eine Folge der massiven Eingriffe in den Landschaftswasserhaushalt der Talniederungen unterhalb der Gletscher. Die Landschaft ist damit kaum mehr in der Lage, den notwendigen Wasserdampf zu erzeugen, um durch entsprechenden Schneefall das winterliche Gletscherwachstum und sommerliche Abschmelzen zu harmonisieren.**

In der vorliegenden Studie werden Vorschläge diskutiert, die lokal und kurzfristig richtungssicher implementiert werden können und die in ihrer Dynamik raumverteilt über eine multitemporale Auswertung von Satellitenbildern erfasst werden können und die aktuellen Temperaturen an der Bodenoberfläche in ihrer räumlichen und zeitlichen Verteilung abbilden. Diese Verteilungsprozesse sind in Zukunft durch den Menschen unter Einsatz von Vegetation und Wasser als Dämpfungskomponenten bewirtschaftend so zu steuern, dass die Dynamik der bodennahen Atmosphäre aufgrund ausgeglichener Potentiale einem

Minimum zustrebt. Zu steuern sind dabei die Kurzgeschlossenheit des Wasserkreislaufes (Verdunstungsfähigkeit der Landschaft) und die daran geknüpften Stoffströme. Diese stellen bei Minimierung irreversibler stofflicher Verluste eine verbesserte und nachhaltig gesicherte Ressourcenwirtschaft dar. Diese effizient bewirtschafteten Flächen sollten sich auf Kosten ineffizient bewirtschafteter Flächen in der Umgebung durch geeignete ökonomische Rahmenbedingungen ausdehnen können.

### **Fehlende Verdunstung fördert die Erwärmung und damit die Klimaverschiebung**

Meliorative Maßnahmen an Böden und Eingriffe in Landschaft und Vegetation haben den kurzgeschlossenen Wasserkreislauf erheblich gestört. Der bodennahe Wasserdampf als Wärmeschutzfilter in Konkurrenz zu den trockenen Treibhausgasen, wie CO<sub>2</sub> fällt zunehmend aus. Kann die Fläche nicht mehr verdunsten, weil bei stark erniedrigtem und noch weiter sinkenden Wasserspiegel im Boden kein Wasser mehr verfügbar ist, wird die Atmosphäre lokal erhitzt und vertikale Luftbewegungen sowie Stoff- und Partikeltransporte aus Oberböden (Emissionen) sind die Folge.

Die Mineralisierung organischer Substanz des belüfteten und bei Regenfällen temporär benetzten Oberbodens wird unter Abgabe von CO<sub>2</sub> erhöht. Die bei der Mineralisierung entstehenden Salze (Sulfate und Nitrate) werden bei ansteigenden Bodenwasserspiegeln besonders im Herbst in die Gewässer ausgewaschen.

### **Veratmung organischer Substanzen im Oberboden erhöht die CO<sub>2</sub> Bildung**

**Dieser Prozess der Veratmung organischer Substanz wird als ein mindestens ebenso bedeutsamer Faktor für die CO<sub>2</sub>-Bildung angesehen wie die Produktion von Emissionen durch Verbrennung fossiler Energieträger.**

Daraus folgt aber auch, dass eine lokale starke Eindämmung der trockenen Treibhausgase durch ein feuchtes Bewirtschaftungsregime erzielt werden kann, dass Stickoxide sowie Ozon durch unmittelbare Reaktionen an der feuchten Boden- und Blattoberfläche durch organische Substanz oder im Falle des Methans bakteriell abgebaut werden. Dabei werden Partikelemissionen stark gedämpft. Taubildung wird zu einem wichtigen Prozess, der als Dämpfungsfaktor für Temperatur-Extremata wirksam wird.

Die weltweit zunehmende Denudation und Wüstenbildung auf den Kontinenten sowie die Zunahme der Niederschlagswahrscheinlichkeit über den Meeren bzw. an den Polkappen

anstatt über den Kontinenten wird unter Verzicht auf lokale Kreislaufwirtschaft durch wechselfeuchte Bewirtschaftung weiter zunehmen und unser Klima verändern, solange diese nicht durch ein effizientes, an den Erkenntnissen der Naturwissenschaften orientiertes Prozessverständnis der Natur abgelöst wird.

Die intelligente Verteilung von Wasser, Wasserdampf und Vegetation auf der bewirtschafteten Fläche bewirkte eine bisher unterschätzte und nicht genutzte Korrektur im Klimageschehen, die unmittelbar und ohne globale Verträge und nur durch die Wiederbefeuchtung bzw. Erhöhung der Dauerverdunstungsfähigkeit des Bodens und der Vegetation mit der Förderung von kurzgeschlossenen Wasserkreisläufen erzielt werden kann. Innovative Bewirtschaftungsansätze können dies bei gleichzeitiger Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion bewerkstelligen.

### **Kleine Wasserkraftwerke wirken landschafts- und klimastabilisierend**

In diesem Zusammenhang können die kleinen dezentralen Wasserkraftwerke bei entsprechender Einbindung und angepasstem Betrieb in ihren Einzugsgebieten eine nicht zu unterschätzende landschafts- und klimastabilisierende Rolle spielen.

Mit einer geeigneten Verteilung von Baumvegetation und dem effizienten Blattwerk der Pflanzen wird die aktive Evapotranspiration gefördert und ein perfektionierter Wasser- und Energiehaushalt erzielt, der dazu führt, dass bereits kleinere Einzugsgebiete bzgl. des Wasserhaushaltes geschlossener gestaltet werden können. Die Förderung des destillativen Wasserkreislaufes minimiert irreversible Stoffflüsse und gestaltet die Abflussganglinie gleichmäßiger. Kleine Wasserkraftwerke bilden bei optimierter Anlage und Betrieb einen Ausgangspunkt zur Steuerung des Wasserhaushaltes in fast jedem Einzugsgebiet. Mit ihrer Hilfe wird die Wasserverteilung, die Verdunstungsfähigkeit, die Produktivität der Produktions- wie Respirationprozesse im Einzugsgebiet so gesteuert, dass die Bodenfruchtbarkeit und die Vegetation durch eine Kreislaufwirtschaft aufrechterhalten werden können.

An diese übergreifenden Prozesse sind die sekundären Bewirtschaftungsziele rückzukoppeln.

### **3.2.3. Schwachstellen des strukturellen Naturschutzes gemessen an einem orts- und zeitbezogenen dynamischen Leitbild**

Die Dissipation des täglich auftretenden Energiepulses mittels Wasser steht an oberster Stelle in der Systemhierarchie. Dabei spielt die Vegetation für die Gestaltung des



Wasserhaushaltes und der nachgeordneten Stoffflüsse die entscheidende Rolle. Die Funktionsweise der Vegetation zusammen mit den übrigen Organismen ist in dem Regelkreismodell der Zönosenkernstruktur (ZKS, Abb. 3) abgebildet. Diese kleinste funktionale ökologische Einheit bildet auch den Prozess der Selbstorganisation, der Steigerung des Wirkungsgrades und die funktionale Basis der Artenvielfalt ab. Wenn dieses Modell als wichtiger Teil der ökologischen Grundlagen anerkannt werden kann, relativieren sich die zur Zeit vorherrschenden Praktiken des strukturellen Naturschutzes. In diesem Modell sind fünf funktional definierte Komponenten wirksam, die befähigt sind, sich so zu koppeln, dass Wasser- und Stoffkreisläufe internalisiert und damit weitgehend geschlossen werden können (Abb. 3).

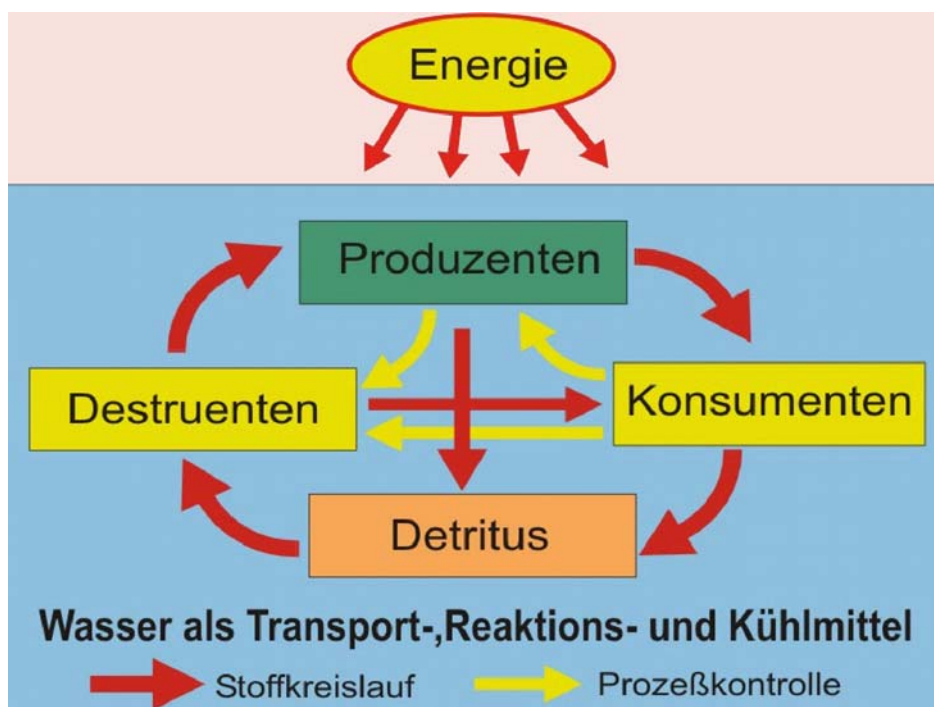


Abb. 3: Prozessführung durch rückgekoppelte Regelkreise in der ZKS (nach Ripl und Hildmann, 1993)

Zu den fünf Komponenten gehören,

1. die Primärproduzenten (grünen Pflanzen) mit ihrer Doppelfunktion, nämlich einerseits die stoffliche und energetische Basis herzustellen für sämtliche heterotrophen Organismen, andererseits
2. die zweite funktionale Komponente, das Wasser als Kühl-, Transport- und Reaktionsmittel im Prozess der Evapotranspiration zu pumpen. Bei diesem Prozess entsteht ein an den Produktionsprozess rückgekoppelter Regelkreis, der im kapillaren Gefüge des
3. Streupuffers den Zugang von Luft bzw. Sauerstoff für die folgende Komponente,

4. die Destruenten (bestehend aus Bakterien und Pilzen) steuert. Nähr- und Mineralstoffe werden somit im Streupuffer, der als Stoff- und Energiespeicher dient, im feuchten Umfeld solange gespeichert, bis eine Absenkung des Wassergehalts und Luftzutritt in die kapillaren Strukturen eine Mineralisierung durch Bakterien und Pilze ermöglicht. Durch diese Kopplung kann der Energie- und Nährstoffspeicher effizient und verlustarm genutzt werden. Diese vier Komponenten benötigen zur verlustarmen Regelung der Energiedissipation in lokalen Strukturen noch eine Bewirtschaftungskomponente, nämlich die:
5. Nahrungskette bestehend aus sämtlichen niederen und höheren faunistischen Komponenten, um durch Bewirtschaftung der Primärproduzenten und Destruenten Raum zu schaffen und dadurch auch den wichtigen Prozess der Reproduktion aufrechtzuerhalten und die dissipative Effizienz zu steigern.

Entsprechend diesem Modell findet eine perfekt rückgekoppelte Regelung statt. Es entsteht ein zentraler Schaltkreis, der in seiner Effizienz und Stabilität nach seiner lokalen bzw. temporären Ressourceneffizienz (lokalen Kreislaufführung der Nutstoffe) bewertet wird. Daraus ergibt sich eine Bewirtschaftungsspanne, in der durch die Bewirtschaftung der Nahrungskette der Wirkungsgrad so geregelt werden kann, dass die Dämpfung der Energiepulse zu einer erhöhten Effizienz der Energienutzung führt.

#### **3.2.4. Führt das übergreifende Leitbild zu richtungssicherem Handeln?**

Wenn es unserer Gesellschaft nicht gelingt, ein nachhaltigkeitsbasiertes Leitbild hierarchisch als übergreifende Basis sämtlicher Naturprozesse sowie unserer Gesellschaftsprozesse anzuerkennen und politisch umzusetzen bzw. nachgeordnete Leitbilder zu relativieren, haben wir kaum eine Chance, Nachhaltigkeit als Beitrag zur Sicherung der Naturfunktionen und zu einer intergenerativen Gerechtigkeit einzuführen.

Die vermeintlichen Freiheitsgrade einer Gesellschaft, die politische Ziele als Wille und Vorstellung formuliert, sind seit der Erkenntnis von den Grenzen des Wachstums (Meadows *et al.* 1972) nicht mehr kompatibel mit einem in seinen Ressourcen begrenzten Tragwerk Natur, in der eine Entwicklung der Europäisierung und Globalisierung mit einer nicht an den hierarchischen Strukturen der Natur orientierten Gesetzgebung auf dem Umwelt- und Naturschutzsektor zu immer stärkeren negativen Rückkopplungen führen muss.

In der Vergangenheit nutzte der Mensch die Naturprozesse für seine Nahrungsmittel-erzeugung zunächst lokal. Er förderte die Verwitterung und Bodenmineralisierung durch wechselfeuchte Bewirtschaftung, um seine Erträge zu steigern. Diesen Prozess setzte er

dann mit den landschaftsentwässernden Meliorationsmaßnahmen ins System. Melioration wurde über 60 Jahre „wissenschaftlich begründet“ von universitär in Wasserwirtschaft ausgebildeten eigenen Meliorationstruppen durchgeführt, bis Wasserhaushalt und Klima nachhaltigst beschädigt waren – ein Eingriff, der unmittelbar von jedem verstanden werden kann, der bereits einmal versucht hat, sein Auto mit der Hälfte der notwendigen Kühlwassermenge zu betreiben.

### **Herkömmliche Wasserwirtschaft fördert die Wüstenbildung**

Die technische Entwicklung – Wasserwirtschaft, Melioration, Mechanisierung, Düngemittelherstellung etc. - ermöglichte meist nur kurzzeitig die Kultivierung nahezu der gesamten Fläche, d.h. auch landwirtschaftlich weniger geeigneter Standorte. Die flächenhaft ins System gesetzte Wirtschaftsweise ging davon aus, dass der Boden nicht abgewirtschaftet und degradiert werden könne, das Klima global bestimmt wäre und sozusagen gottgegeben sei. Pflanzennützliche Nähr- und Mineralstoffausträge von im Mittel über 1-1,5 t/ha/a flossen aus den Oberböden unseres Landes (Ripl *et al.* 1996) zum Meer. Sie fließen irreversibel seit der – bisher nur wenig als solche wahrgenommenen - wasserwirtschaftlichen Revolution vor etwa 150 Jahren über die großen Flüsse mit stark gesteigerten Stoffströmen der Nord- und Ostsee zu. **Alte Hochkulturen wie Babylon, Ägypten und Rom stehen uns als warnendes Beispiel für den Ausgang dieser Umgangsweise mit der Fläche - nämlich hochqualifiziert Wüsten zu erzeugen – vor Augen.**

Es wird offenbar, dass trotz eines noch relativ großen Forstanteiles und erheblichen Anstrengungen des Naturschutzes, einige „Filetstücke“ als Biosphärenreservate zu sichern, auf einem Großteil unserer Landesfläche heute vegetationsarm oder fast vegetationslos und mit stark geöffneten Stoffkreisläufen gewirtschaftet wird.

### **Begradigung und Flussbetteintiefung fördert den Stoffaustrag bis hin zur Bodenverarmung**

Die ins System gesetzte Beschleunigung des Abflusses auf allen Flächen (Drainage, Flussbettvertiefungen, Begradigungen, Uferverbau etc.) hält den Stoffaustragsprozess von gelösten Nutz- und Nährstoffionen unvermindert, d.h. bis der Vorrat erschöpft ist, aufrecht. Die Vegetation ist auf weiten Flächen nicht mehr in der Lage, ihren Standort selbstregelnd zu steuern, indem sie den Verlust von Nährstoffen durch die Ausbildung internalisierter kurzgeschlossener Kreisläufe dynamisch bremsen könnte.

### 3.2.5. Nutzstoffbetrachtungen

Mit dem Wasser als Medium für Transport, chemische Reaktion und vor allem Dissipation des Energiepulses durch tägliche Verdunstung und Taubildung mittels einer sich ständig erneuern müssenden Vegetation als aktivem Steuerelement für den Kühlprozess und die Bildung stofflich kurzgeschlossener Standorte sind uns andererseits die Steuergrößen in die Hand gegeben, mit denen wir nachhaltige Wirtschaftsweisen auf der eigenen Landesfläche entwickeln könnten.

Die stoffliche Verteilung pflanzennützlicher Stoffe im Oberboden, im Wasser und in der Atmosphäre kann mit Wasser als prozesssteuerndem Element und intelligenten an ihren Böden rückgekoppelten Bewirtschaftern unter vernünftigen politischen und ökonomischen Rahmenbedingungen bewerkstelligt werden.

Wassergesättigter Boden ist reaktions- und transportlimitiert, belüfteter Boden mineralisiert, verliert Substanz und transportiert mit dem Niederschlag gelöste Stoffe eutrophierend in den nächsten Vorfluter. Kleinräumige in kurzen Zeitzyklen ablaufende Verdunstung und Kondensation ist eine Frage der verdunstungsfähigen Oberflächenhaut, z.B. durch Blattwerk, die wir auf der Fläche vorhalten. Verdunstung und Kondensation werden am Abend und am Morgen als diskret verteilter Bodennebel sichtbar.

Der Erschöpfung unserer lokalen für die Subsistenz der Bevölkerung notwendigen Ressourcen Wasser, Energie, Atmosphäre, Vegetation und Bodenfruchtbarkeit kann durch diese funktionale Betrachtung der Naturprozesse richtungssicher entgegengewirkt werden, indem der Wasserkreislauf und die daran gekoppelten Stoffkreisläufe so verlustarm, d.h. kleinräumig wie möglich an den lokalen Energiefluss gekoppelt und präzise gesteuert werden. **Aus dieser integrierten Betrachtung resultieren jedoch völlig andere Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen, als bisher in unserem Verwaltungshandeln gesetzlich vorgesehen wird.**

- Die Funktionalität des Naturhaushaltes betrifft in erster Linie die Subsistenzfunktionen wie Wasser, Energie, Klima und Bodenfruchtbarkeit und ist auf der ganzen Landesfläche unter Zugrundelegung von lokaler Kreislaufwirtschaft vorzuhalten.
- Die Produktionsprozesse für Energie, Wasser, Nahrungsmittel und andere wieder erneuerbare Naturrohstoffe sind auf der Fläche wesentlich stärker zu integrieren und bewirtschaftend zu koppeln.

- Landwirtschaft erhält neben ihrer Rolle für die Nahrungsmittelproduktion Funktionen als Wasser-, Energie- und Klimawirtschaft integriert mit dem funktionalen Naturschutz.
- Nahrungsmittel werden in Zukunft auf einem wesentlich kleineren Teil der landwirtschaftlichen Nutzfläche wesentlich intensiver und mehr als bisher unter Glas produziert werden.
- Es werden lokale, zellulare stoffgeschlossener Bewirtschaftungsstrukturen im ländlichen Raum gekoppelt mit der Stadt (regionale Kreislaufwirtschaft) gefördert werden müssen.

Die heute subventionierte Landwirtschaft die nach „ökologischen Gesichtspunkten“ betrieben bei der Milchproduktion vielleicht gerade 2-3 Personen pro ha und Jahr ernähren kann, führt dazu, dass eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft verhindert wird, **weil wir zunehmend von hungernden Drittländern teilweise im Raubbau produzierte Futter- und Nahrungsmittel importieren und damit auch noch den Wasserhaushalt und die Oberböden dieser Länder irreversibel beschädigen, während wir diese importierten Nutzstoffe bei uns in Form von Klärschlamm verbrennen oder deponieren.** Ökologisch irreversibler Schaden wird dadurch gleichzeitig an zwei Orten erzielt, weil unsere „Sachverständigen“, getrieben von institutionalisierten Vordenkern und Interessen der Abfallwirtschaft die Wiederverwendung dieser essentiellen Nutzstoffe in einer - für jedermann begreiflich – notwendigen Kreislaufwirtschaft verhindern. Als Kompensation für die in den Klärwerken von unseren Expertengremien gesetzlich geschützt und verordnet an die Atmosphäre unter Einsatz von nichterneuerbarer Energie abgegebene Stickstofftonnage kaufen wir nach dem Haber-Bosch-Verfahren produzierten Stickstoff für unsere wasser-, stickstoff- und kohlenstofflimitierte Landwirtschaft zum Preis von 1,5 l Öl pro kg Stickstoff. Dies ist ein Gesetz gewordener Schildbürgerstreich, der gegen die Auffassung international renommierter Wissenschaftler durchgesetzt wurde und gegen besseres Wissen aufrechterhalten wird.

In diesem Kontext spielt naturgemäß der Wasserhaushalt der Landschaft die entscheidende Rolle, da sämtliche Naturprozesse wie auch die Kühlung der Landschaft davon abhängig sind, zu jedem Zeitpunkt an jeder Stelle für die Verdunstung verfügbares Wasser vorzufinden. Dieser Wasserhaushalt steht in unmittelbarer Wechselwirkung mit der Vegetation, die ihrerseits über den Wasserhaushalt die Stoffflussprozesse in unserer Biosphäre regelt.

### 3.2 6. Die Rolle der Schadstoffe als Wirkungsfaktor

Nutzstoffe (gelöste Nähr- und Mineralstoffe), die nur durch eine zunehmend gesteigerte Baumvegetation mit ihrer täglichen Verdunstung in der Landschaft bleiben können und nicht mit den Flüssen dem Meer zugeführt werden, müssten eher beachtet werden, als persistente Schadstoffe, die sich - wie später noch ausgeführt wird - dank hervorragender Entgiftungsmechanismen durch den Prozess „Natur“ zum Teil als wirkungslos zeigt. Dies wurde z.B. in einem „1:1 Versuch“ in Deutschland gezeigt, indem eine kaum bezifferbare Tonnage von Blei, verzögert und legitimiert durch Gesetz und Verwaltung 15 Jahre länger als in den USA mit dem Verkehr in unsere Landschaft gepumpt wurde, bis unsere Industrie in der Lage war, bleifreies Benzin sowie den bereits an die USA gelieferten Katalysatoren auch hierzulande zur Verfügung zu stellen. Wo blieb hier das Verursacherprinzip?

Ein anderes Beispiel ist die Verwendung von Sublimat, einer hochgiftigen Quecksilberverbindung, die bei uns über 40 Jahre zur Beizung von Saatgut in fast allen landwirtschaftlich genutzten Flächen ordnungsgemäß verwendet wurde. Dieselben Interessensvertretungen sind es, die heute den Klärschlamm ächten und die Klarwässer bannen und gegen die Wiedernutzung dieser Ressourcen in der Landwirtschaft Politik machen und damit riskieren, die Landschaft einerseits zu sterilisieren, sowie andererseits die Drittländer durch Bodendegradation zu sich selbst verstümmelnden Nahrungsmittel-lieferanten Deutschlands bzw. Europas zu machen.

Die Fähigkeit von biologischen Systemen, sich zu entgiften, beruht auf dem physiologisch wichtigen Sortierprozess der Pflanzen zugunsten wichtiger Nutzstoffe an der Wurzelmembran. Dadurch werden die heute gängigen ökotoxikologischen Ansätze relativiert. An den Wurzelmembranen sind die Pflanzen in der Lage, bei entsprechender pH-Pufferung die einzelnen Nutzstoffe unter den dort vorherrschenden Löslichkeitsbedingungen dahingehend zu sortieren, dass Nutzstoffe in die internalisierte Kreislaufführung der Vegetation eingeschleust werden, während weniger lösliche und persistente Stoffe extern in undynamischen Bereichen abgelagert werden. Die Ausbildung von „Ortssteinen“ unter Baumwurzeln, flächig ausgebildeten Aggregaten bestehend aus Eisen, Mangan und Aluminium sowie anderen nicht benötigten Bodenstoffen mit nur geringer oder fehlender Durchwurzelung repräsentiert solche durch die Vegetation geschaffenen weniger dynamischen Bereiche. Nur der Tatsache dieser effizienten Entgiftung ist es zu verdanken, dass weder die enorme Tonnage von Blei, die durch den Verkehr in die Landschaft in Europa 15 Jahre länger emittiert wurde und relativ geringe ökologische Effekte hinterließ, noch die Beizung der Saaten mit hochgiftigen Quecksilberpräparaten bei uns zu einer „Minamata“-Katastrophe führte. Der Austrag der Gifte wie Blei und z.B. Quecksilber aus Friedhöfen (Amalgamplomben) wie auch aus landwirtschaftlichen Flächen in die Gewässer

ist dadurch ebenfalls gering geblieben und nur eine starke lokale Absenkung der pH Werte im Boden nach Verlust der puffernden Basenkationen könnte zu problematischen Stoßbelastungen in die Gewässer führen. Die geringe Löslichkeit dieser Stoffe würde daher ein sehr langsames Absinken der Schadstoffkonzentrationen in den Böden bei relativ geringen gelösten Konzentrationen und geringfügiger Toxizität zulassen.

## **Schwermetallabbau im Harz**

### **Negatives Beispiel der Folgen unterlassener Kreislaufwirtschaft**

Ein deutliches Beispiel für inadäquates Umweltverwaltungshandeln ist in diesem Zusammenhang an den Gifthalen des Schwermetallbergbaus im Einzugsgebiet der Oker im Harz zu besichtigen. Diese Halden waren eine lange Periode (> 20 Jahre) unbewachsen. Der angesäuerte Regen versickerte in diesen pufferarmen Halden, löste die giftigen Metalle aus den Halden und diese vergifteten ihrerseits die Lebensgemeinschaften in der Oker. Nach dieser Periode bildete sich allmählich an der Oberfläche dieser Halden wieder eine Primärvegetation aus. Büsche und Bäume rekolonisierten allmählich diese Halden und begannen Wasser zu verdunsten mit der Folge, dass die Versickerung zunehmend eingeschränkt wurde und sich die Lebensgemeinschaften in der Oker erholen konnten. Wären diese Zusammenhänge bekannt gewesen und hätte man die Halden mit Klärschlämmen abgedeckt, hätten die im Klärschlamm vorhandenen Puffer- und Nährstoffe unmittelbar eine üppige Vegetation gedeihen lassen und die toxischen Erscheinungen im Fließgewässer eindämmen können. Sektorale Leitbilder und reduktionistische Forschung auf dem Sektor der Ökotoxikologie haben dies jedoch verhindert.

Die sofortige Abdeckung dieser Halden mit Klärschlamm hätte also unmittelbar zu einer effizient verdunstenden Vegetation geführt, die der Oker die stark belastende Vergiftung durch perkolierendes Regenwasser erspart hätte. Die Tatsache, dass stark vergifteter Klärschlamm in einem Klärprozess anfallen könnte, birgt bereits den Widerspruch, dass eine Vergiftung den bakteriellen Prozess der Klärschlamm-Bildung gehemmt hätte und die Klärwerksfunktion hätte ausfallen müssen. Es zeigt aber auch, dass in der Natur das Verhältnis von Nutstoffen zu Schadstoffen entscheidend ist und nicht die Schwermetallkonzentration auf einer Feststoffbasis. Diese einseitige Schadstoffbetrachtung ist aber nach wie vor im Fokus heutigem Verwaltungshandeln und verhindert weitgehend eine nachhaltigkeitssteigernde Kreislaufwirtschaft:

**Denn entscheidend für die Giftwirkung in biologischen Systemen ist die Differenz aus Nutstoff mal Umsatz zu Schadstoff mal Umsatz.** Daraus lässt sich in dynamischen Systemen ein biologischer Entgiftungsfaktor ableiten.

### 3.2.7. Wasserwirtschaft, Forstwirtschaft und Versauerung

#### **Negativ-Auflistung angeblicher Auswirkungen kleiner Wasserkraftwerke durch das UBA ist beliebig und wissenschaftlich nicht begründbar**

Weitere Auswirkungen von kleinen Wasserkraftanlagen wurden vom Umweltbundesamt (UBA, 1998) in einer tabellarischen Zusammenfassung bewertet. Sämtliche aufgeführten Wirkfaktoren sind dabei vom funktionalen Stellenwert her nicht eingeordnet worden, und angeblichen Schäden an Vegetation und Fauna sowie für den Menschen werden als Möglichkeit unrelativiert und redundant katalogisiert. Es seien hier nur einige beispielhaft herausgegriffen:

- *„Lebensraumverlust führt zu Vegetationsverlusten“* (UBA, 1998, S. 14) ist schlichtweg eine Zirkularität, nachdem der Lebensraum sich über das Vorkommen von Organismen bzw. ihrer Wechselwirkung mit der unbelebten Materie allein definieren kann. Ein möglicher Nutzen kleiner Wasserkraftwerke für die Landschaft, die Fauna, die Vegetation und den Menschen wird jedoch diesen angeblichen Schäden nicht gegenübergestellt.
- *„Grundwasserveränderung zieht Veränderung der Vegetationsbestände nach sich“* (UBA, 1998, S. 14) ist insofern zu relativieren, als die Vegetation durch Ablagerung von Streu und Rohhumus ihren eigenen Wasserspeicher aufbaut und insbesondere an grundwasserfernen Standorten nicht mit dem Grundwasser kommuniziert. Auf grundwassernahen Standorten kann bei angepasster Bewirtschaftung von Wasserkraftanlagen eine die Landschaftsfunktion stabilisierende Feuchtvegetation Fuß fassen. Durch das Vorhandensein von Vegetation wird die Grundwasserdynamik verzögert und die Stoffverluste gedämpft.

**Durch die Praktiken der heutigen Wasserwirtschaft, Land- und Forstwirtschaft wird der Bodenwasserstrom dynamisiert und der Bodenwasserspiegel abgesenkt. Er pendelt mit dem Niederschlag, so dass durch Oxidationsprozesse von wurzelbürtigen Stickstoff- und Schwefelverbindungen durch Ausbildung von starken Säuren (Salpeter und Schwefelsäure) Versauerung und irreversible Stoffverluste aus den Oberböden erwirtschaftet werden.**

Dabei wurden beispielsweise, um die Erträge der Forstwirtschaft zu steigern, teilweise auch die forstwirtschaftlichen Böden melioriert, nettoproduktive Monokulturen gleicher Jahrgänge



flächendeckend aufgezogen, durch entsprechenden Wegebau die maschinelle Ernte ermöglicht sowie Schwachholz aus der Bewirtschaftung der Bäume, d.h. die Streu aus dem Wald entfernt. Ohnehin ertragsschwache Kuppenlagen der Mittelgebirge wurden dadurch weiter abgewirtschaftet, die Ursachen des dann aufgetretenen sogenannten Waldsterbens aber in den Immissionen mit dem „sauren Regen“ aus Verbrennungsprozessen gesucht, wobei letzte Forschungen gezeigt haben, dass durch den sauren Regen insbesondere bei Bildung von Salpetersäure innerhalb der gemessenen Bereiche die Waldproduktion sogar ansteigt.

Völlig ausgeblendet wurde allerdings, dass durch die oben beschriebene Bewirtschaftung die Versauerung des Bodens dieser ohnehin empfindlichen Kuppenlagen wahrscheinlich der entscheidendere Prozess war, denn auch heute noch scheitert vielfach die Wiederaufforstung daran, dass der tiefgründig versauerte basenarme und damit Schadstoff (Metalle) mobilisierende Boden kein Substrat mehr für eine Wiederaufforstung bildet. Ohne einen möglichen vegetationsgesteuerten Aufbau organischer, wasserhaltender Streu und damit einer Anreicherung oberflächennaher Nähr- und Mineralstoffe ist eine neue Waldgeneration an solchen Standorten kaum mehr regenerierbar. Pflanzen in der Wachstumsphase auf bereits stark ausgelaugten Standorten versuchen Nähr- und Mineralstoffe bereits über ihre Blattoberfläche aus Immissionen aufzunehmen. Mit dem herabfallenden sauren Nadeltropf junger zuwachsender Kulturen versuchen diese Basenkationen bereits an den Nadeln aus Immissionen über Ionentausch herauszufiltern und außerdem weitere Nährstoffe an ihrem eigenen Standort bei pH-Absenkung durch beschleunigte Verwitterung von Gestein zu mobilisieren.

**Auch die jetzt mit großem Aufwand an Fremdenergie durchgeführten aufwendigen Kalkungen können den großflächigen Ausfall von Vegetation in den Kuppenlagen von Mittelgebirgen kaum mehr kompensieren. Mit der weiteren Verknappung der Ölreserven werden in naher Zukunft solche Maßnahmen unbezahlbar.**

Waldböden sind außerdem nicht nur hier versauert. Der Grunewald in Berlin z.B., der als sandiger unkontrollierter Rohwasserfilter von Uferfiltrat aus der Havel bzw. der Grunewaldseenkette dient, ist oberhalb des Grundwasserspiegels mit einem Boden - pH von 2,8 stark versauert und es ist zu befürchten, dass auch hier bei größeren Ausfällen, ähnlich wie an den oben beschriebenen Standorten, eine neue Waldgeneration nach einigen Wachstumsjahren wieder ausfällt und nicht mehr vollständig aufwachsen würde.

## **Sandeinträge ins Gewässer verhindern die Selbstreproduktion der Kieslaicher**

Es ist wohl unstrittig, dass die Schäden durch Klarwassereinleitung-, Landwirtschaft und Straßenbau, Eutrophierung und laufende Sandeinträge mit der Erosion durch stark netto-produktive Forstwirtschaft und Wegebau besonders in den Hochlagen an den vom Umweltbundesamt konstatierten negativen Auswirkungen in kleine Fließgewässer im allgemeinen ungleich größer sind, als die eher als punktuell zu bewertenden Beeinflussungen durch die Anlage kleiner Wasserkraftwerke (Lüttke & Prinz, 2003)

### **Der Nutzen kleiner Wasserkraftwerke ist vielseitig**

**Der Nutzen solcher kleiner Wasserkraftanlagen in einer bereits weitgehend anthropogen überformten Landschaft dagegen kann durch Wasserrückhalt wesentliche Beiträge zur Verbesserung einer flächendeckend beeinträchtigten Landschaft leisten. Dieser Nutzen besteht u.a. in vergrößerten Retentionsräumen und dem dadurch möglichen Hochwasserschutz** sowie in einer erhöhten Verdunstungsleistung und damit Wasserreinigungsleistung in Verbindung mit einer gezielten Anlage mehrjähriger Vegetation im Einzugsgebiet, wie letztlich auch lokalen Klimaeffekten und einem dadurch ermöglichten akkumulativen Bodenaufbau.

Eine Umsteuerung der Grundwassernutzung zu einer verstärkten Oberflächenwassernutzung – wie auch in den meisten anderen Ländern - mit entsprechender Reinigung ist dann einfacher, wenn der Anteil an Regenwasser und verringerten Emissionen durch feuchtere Landschaften mit nachfolgender Verdunstung durch eine optimierte Vegetationsstruktur gegeben ist. Dies ist nach den Regeln der Natur die einzige richtungssichere Vorgehensweise, um über den Erhalt der Stoffe in der Landschaft auch den Erhalt der Nutzbarkeit der Landschaften zu gewährleisten.

### **3.3. Integration der einzelnen Sektoren; Umweltgutachten vor dem Hintergrund eines übergreifenden Leitbildes**

#### **3.3.1. Stellenwert der Artendiversität und des Artenschutzes im Kontext eines funktionalen Naturschutzes**

Die Artenvielfalt nimmt in den Bewertungen ökologischer Eingriffe einen zentralen Stellenwert ein. In sämtlichen EU-Richtlinien hat diese als Qualitätsmaß für Ökosysteme in den Zielen der Verwaltungsrichtlinien Eingang gefunden. Es muss jedoch grundsätzlich

erlaubt sein, die Artenvielfalt bzgl. ihres Beitrages zur Güte bzw. Stabilität von Ökosystemen zu hinterfragen. Die These, dass natürliche entwickelte und funktionierende Ökosysteme im Allgemeinen auch eine höhere Artenvielfalt aufweisen, soll dabei nicht angezweifelt werden.

Die Frage ist jedoch, ob die Artenvielfalt die Voraussetzung oder das Resultat des Naturprozesses darstellt. Es muss davon ausgegangen werden, dass der Selbstorganisationsprozess durch Adaption verlustärmere Stoffkreisläufe und damit eine höhere Stabilität der Systeme hervorbringt. Während in der Etablierungsphase (Zustand ohne Raum- und Stofflimitierung) die Organismen, die am besten die räumlichen und stofflichen Ressourcen nutzen können, den größten Beitrag zur Dissipation der Energie leisten, so diversifizieren sich die Systeme durch Rückkopplungen dann, wenn räumliche oder stoffliche Limitierungen auftreten. Dies geschieht, indem sich auf der Fläche teilgeschlossene Zellen ausbilden, die solange zuwachsen können, bis ein anderes Organismenensemble eine bessere Ressourcennutzung leistet. Dieser Prozess führt zur Ausdifferenzierung der einzelnen Organismengesellschaften und der Maximierung des Wirkungsgrades. Dadurch wird in diesen Zellen raum- und zeitphasengemäß die maximale Verdunstung und die maximale Stoffkreislaufführung bei minimalen irreversiblen Verlusten erzielt. Dieser Prozess „Natur“ bewirkt nun über die Fläche integriert die höchste Artenvielfalt. Bei Integration des Menschen in solche Systeme muss diese Diversifizierung zurückgedrängt werden, weil größere Flächen zum Zweck der Produktion von Nahrungsmitteln und Rohstoffen einheitlich bewirtschaftet werden.

Das Instabilitätsproblem entsteht aber nicht aus dem Wegfall der Arten, sondern aus dem Aufbrechen der Stoffgeschlossenheit durch Verringerung der Verdunstungsfähigkeit, durch Zunahme der Versickerung und durch die Öffnung des Bodens und Dynamisierung des Bodenwassers, das Nutzstoffe aus den Oberböden über Flüsse in die küstennahen Gewässer transportiert.

Dieser Transport resultiert zuerst aus der Eutrophierung der Gewässer bei einer anfänglich gesteigerten Individuendichte und einer kurzfristigen Artendiversifizierung. Erst eine dauernde Öffnung führt zu einem späteren Zeitpunkt und durch neue Limitierungen z. B. durch Sauerstoff oder durch direkte Raumlimitierung zu einer zunehmenden Degradierung der Systeme.

**Isolierte Betrachtung der Artenvielfalt im Gewässer allein ist nicht zielführend**

**Eine isoliert betrachtete Artenvielfalt in den Gewässern ohne Berücksichtigung der Artenvielfalt in den dazugehörigen Einzugsgebieten ist daher nicht zielführend, wenn es um die Erhöhung des Gesamtwirkungsgrades, der Stoffgeschlossenheit und**

**der ökologischen Funktion inklusive der menschlichen Bewirtschaftung geht.** Deshalb sollte diese Art des Naturschutzes, wenn sie nicht parallel mit dem übergeordneten Prozessschutz läuft, zugunsten des funktional definierten Prozessschutzes und der Biotopstabilität eingestellt werden, bevor sie zu großflächigen irreversiblen Schäden am System führt. Ein strukturorientierter Naturschutz, wie er zur Zeit noch vielfach betrieben wird und in nationalen und europäischen Verwaltungsvorschriften verfestigt wurde, darf deshalb in Zukunft nicht als Beschreibung der Maxime des Naturschutzes dienen.

Bewirtschaftungsziel muss demzufolge die Stoffgeschlossenheit unter dynamischen Bedingungen sein, weil jede Degradierung der Standorte durch Öffnen der Stoffkreisläufe mit den Eingriffen in den Wasserhaushalt zur rascheren Denudation und Verwüstung führt. Die Erhaltung von einzelnen Organismen kann daher nicht das lokale Primärziel des Naturschutzes sein. Erst ein übergreifendes funktionales Leitbild ist geeignet, die sektoralen Leitbilder zu relativieren und zu richtungssicheren Aussagen bezüglich der Aufrechterhaltung der notwendigen Naturfunktionen zu kommen. Bei absinkenden Wirkungsgraden bzw. höheren irreversiblen Stoffverlusten ist die primäre Aufrechterhaltung einer Artenvielfalt durch anthropogene Bewirtschaftung nicht zielführend sondern schädlich.

**Beispielhaft ist hierbei auf die bundesweit in Gang gehaltenen Lachsprogramme zu verweisen, im Rahmen deren letztlich zwangsläufig erfolglos bleibende Lachsbesatzmaßnahmen mit hohem Aufwand über Jahre in Gang gehalten werden, obwohl der atlantische Lachs in den Flüssen aus den dicht besiedelten Landschaften niemals mehr geeignete Laichmöglichkeiten findet (Studie Lüttke/Prinz, November 2003), während gleichzeitig notwendige Hilfen für die standortgeprägten Fische unterbleiben, bzw. vernachlässigt werden.**

Künstliche und durch Bewirtschaftung erzielte Artenvielfalt durch Nivellierung der Standorte ist aus der Perspektive des funktionalen Naturschutzes leistungsmindernd für den Reparaturprozess der Natur. Ausgenommen sind hier selbstverständlich botanische Gärten als museale Anlagen u. a. Eine Bewirtschaftung in Naturschutzgebieten, die unmittelbar bei einem Stoppen dieser Bewirtschaftung zu heftigen Sukzessionsprozessen führen würde, ist dagegen schädlich, weil sie den Reparaturversuch der Natur verhindert und die Denudation beschleunigt und nicht - wie angestrebt - verzögert.

### **3.3.2. Monitoring der Ökosystemeffizienz als Werkzeug für nachhaltiges Wirtschaften**

Das Monitoring von Ökosystemen müsste demzufolge das Verhältnis von Verlustprozessen zu kreisgeschlossenen Prozessen lokal bzw. auf der Basis von Einzugsgebieten beachten. Die dissipative Temperaturdämpfung mittels Wasser als Kühlmittel würde einen Ansatz bieten, die dynamische Qualität des Ökosystems hinreichend zu beschreiben, um die Fähigkeit zur Selbstorganisation sowie zur effizienten Vergesellschaftung von Organismen einschließlich seines Bewirtschafters zu beurteilen. Es soll nachfolgend gezeigt werden, dass die oben angeführte Vorgehensweise wesentlich zielführender ist, als der Versuch, Organismenstrukturen und Einzelorganismen oder deren Gruppen durch ungeeignete Maßnahmen im nachgeordneten Gewässertransportsystem schützen zu wollen. Damit wird offenbar, dass die Schlüsse aus dem Verwaltungshandeln zugrunde liegenden Gutachten wenig relevant sind.

Umgesetzt in Bewirtschaftungsvorschläge hieße das, für jegliches kleinere Einzugsgebiet, dass die Energieproduktion, die Wasserdessillation, die Lebensmittel- und Rohstoffproduktion, der funktionale Naturschutz, d.h. Klima-, Atmosphären- und Bodenschutz, bei maximierter Nachhaltigkeit dann zu erzielen sind, wenn die höhere Vegetation bei optimaler Kühlung und Verdunstung die Wasserdessillation maximiert sowie das Wasser in der sich akkumulierenden Streuschicht für die dauernde Verdunstung vorgehalten wird, die Nahrungsmittelproduktion eingesprengt in ein effizientes Kühlsystem teilweise in Gewächshäusern erfolgt und bzgl. der Produktivität und der Kreislaufführung optimiert wird und ferner noch genügend Fläche für eine Natur (Wildnis) vorgehalten werden kann.

#### **Der wichtige Rückhalt des Wassers und der Stoffe wird durch die Energieproduktion aus kleinen Wasserkraftwerken gefördert und ergänzt**

In solchen Einzugsgebieten wird der wichtige Rückhalt für das Wasser und die Stoffe sowie die Energieproduktion durch kleine Wasserkraftwerke ergänzt und optimiert. Es werden Möglichkeiten geschaffen, in dynamischen Energieplantagen abgewirtschafteten Boden wieder aufzubauen, indem über Tröpfchenbewässerung Nutstoffe aus dem vorgereinigten Abwasser zurückgeführt werden, und die Destillation des Wassers durch Verdunstung und Kühlung in lokalen Wasserkreisläufen bewerkstelligt wird.

Damit erst können Landschaftsschäden durch Auswaschung von Nutstoffen zum Teil kompensiert werden und über eine rückgekoppelte Bewirtschaftung effiziente Systeme geschaffen und erhalten werden.

## **Kleine Wasserkraftwerke haben eine bessere Ökobilanz als große Anlagen**

Zentralisierte Energieerzeugungsanlagen können nach diesen Kriterien dabei keineswegs bessere Ökobilanzen aufweisen als kleine, weil sie nicht so präzise gesteuert werden können, sodass der Geschiebetransport sowie der Austrag gelöster Nährstoffe aus der Landschaft vermieden werden können. Das Beispiel des beschädigten Donaudeltas in der Ukraine und in Rumänien zeigt, dass diese Landschaften seit dem Betrieb der Staustufen in eine negative Sukzessions- bzw. Denudationsphase geführt wurden.

Zur Überwachung dieser Prozesse können unmittelbar die mit dem Abfluss irreversibel aus den Teileinzugsgebieten ausgetragenen gelösten wie auch ungelösten Stoffe als Indikatoren herangezogen werden. Ferner ist es heute möglich, den Temperaturschwankungsausgleich auf den einzelnen Teileinzugsgebietsflächen flächenscharf vom Satelliten zu beobachten, um damit den optimalen Temperaturdämpfungsfaktor für kleine Gebiete mittels Transferzahlungen zwischen naturverbrauchendem Städter und prozesserhaltenden Landbewirtschaftler aufrechtzuerhalten. In dieser Optimierung der Landschaft spielen die kleinen Wasserkraftanlagen zusammen mit einer neuen Land- und Forstwirtschaft die wichtigste systemerhaltende Rolle und sind solange nützlich, wie sie den Systemwirkungsgrad im Einzugsgebiet anzuheben helfen. Dieser kann kurzfristig verbessert und stabilisiert werden, indem heutige Verwaltungskompetenzen abgelöst und durch rückgekoppeltes Handeln seitens der lokalen Ressourcenmanager ersetzt werden. Basis für die Monetarisierung von Handlungsweisen und effizienzsteigernden Ökobilanzen müsste dabei der jährlich unter Verlustarmut bei Stoffrückführung produzierbare Energie- bzw. Ernteertrag sein.

### **3.3.3. Schaffung zellulärer, quasiautarker Strukturen als Lösungsansatz**

Von Institutionen, die von einem die Gesetze der Natur nicht beachtenden Neoliberalismus getrieben sind, wird zur Zeit versucht, die Zellularität, die lokale Kreislaufwirtschaft, die Subsistenzmärkte, d.h. die vom Bürger täglich benötigten Serviceleistungen der Natur aus dem lokalen Kontext in eine globalisierte Scheinmarktwelt zu transferieren. Dabei wird der Mensch noch mehr der Natur mit ihrer Kreislaufwirtschaft entfremdet. Anstatt Strukturen zu ermöglichen, die eine nachhaltige Subsistenz garantieren, wird jeder Bürger in eine noch größere Abhängigkeit geführt. Solchen Institutionen, die bereits über die gesamte Zeit ihres Bestehens durch nachvollziehbare Ketten von Fehlleistungen und Fehlverhalten in der Politikberatung ihre Unfähigkeit unter Beweis gestellt haben, dürfte nicht das Wohl und Weh unserer Gesellschaft sowie die Zukunft der uns folgenden Generationen überlassen werden. Im Gegenteil scheint die Zeit reif zu sein, auch unserer Jugend richtungssichere Kriterien an

die Hand zu geben, die es ihr erlaubt, solche gedanklichen Fehlleistungen zu erkennen, auf räumliche und zeitliche Richtungssicherheit zu prüfen und selbst abzuschätzen, ob Kreisläufe geöffnet, die Effizienz abgesenkt und damit die Zukunft unserer Gesellschaft gefährdet wird.

Die Lösung dieser durch Dirigismus und zentralistische Überregulierung ausgelösten Probleme liegt im Schließen der lokalen Kreislaufführung. Die Zellbildung in der Natur ist das Vorbild dafür. Ein Wachstum über eine optimale Größe senkt den Wirkungsgrad und leitet in der Natur die Zellteilung ein. Dies bedeutet, dass Strukturen bei Zunahme von irreversiblen Verlusten bereinigt werden und die optimale Geschlossenheit auf der nächsten Ebene im Zellverband gesucht wird.

### **3.3.4. Integrative Bewirtschaftung der Flächenressource als zukünftige Basis für nachhaltige Gesellschaften**

Vordringliche Aufgabe ist es, den Wirkungsgrad auf der Fläche sukzessiv durch Prozesskopplungen und Rezirkulation von Wasser und Stoffen sowie durch weitgehende Nutzung der Prozesswärme anzuheben.

Nachhaltige Landbewirtschaftung auf der eigenen Landesfläche beinhaltet heute gekoppelt:

- die eingesetzte Fremdenergie durch nachhaltigen Anbau erneuerbarer Energieträger besonders mehrjähriger Biomasse wegen ihrer gleichzeitigen Kühlfunktion in der bewirtschafteten Fläche abzulösen (lokale Fremdenergieablösung und Verbesserung des Lokalklimas);
- die Wasserhaltekapazität der Böden zu verbessern und gezielt Stoffsenken vorzuhalten, die Respirationsverluste (Abgabe von Kohlenstoff und Stickstoff in die Atmosphäre) durch Einsatz aller verfügbaren organischen Ressourcen einschließlich häusliches Abwasser zu minimieren (Bodenaufbau für erneute Intensivnutzung und Verbesserung der Retentionsfunktion für Wasser und Stoffe);
- in der Konsequenz die flächengebundene Produktion zu intensivieren und mehr Nahrungsmittel in Gewächshäusern anzubauen, in welchen die Prozesswärme aus der Energieerzeugung genutzt wird (Optimierung räumlicher und zeitlicher Verteilung intensiv genutzter Flächen zu Flächen für Energieerzeugung und Klimaschutz);
- weitere Respirationsverluste der Kohlenstoffquellen durch Konvertierung niederwertiger Biomasse (landwirtschaftliche Reststoffe) mittels der bakteriellen Nahrungskette zu senken und damit Futtermittel für Fische und Geflügel zu produzieren (Schließung von Stoffkreisläufen).

Mehrjährige Vegetation als festes Bewirtschaftungselement in der Kulturfolge der Landwirtschaft im Einzugsgebiet einzuführen, hat gleichzeitig mehrere positive Effekte:

- Es dient der sukzessiven Ablösung der Fremdenergie in der landwirtschaftlichen Produktion und darüber hinaus der lokalen Wärme- und Energieproduktion. **Der landwirtschaftliche Betrieb wird vom Energieverschwender zum Energiespender.**
- Es baut als „non food“ – Produktion durch die Pflanzen selbst und über Zugabe organischer Reststoffe und vorgereinigtem häuslichen Abwassers Boden auf, hält die ganzjährige Verdunstungsfähigkeit der Fläche aufrecht und könnte effizient mit intensiv genutzten Kulturlächen kombiniert die jahreszeitliche und tägliche Temperaturamplitude dämpfen sowie den Wasser- und Stoffrückhalt in der Fläche verbessern (Agroforstwirtschaft).
- Dezentrale abflusslose Lösungen im Abwasserbereich halten die Bäche und Flüsse kostenfrei rein und verbessern den Wasser- und Stoffrückhalt der Landschaft.
- Es könnte gezielt eingesetzt in Talräumen als flutbare Retentionsfläche gleichzeitig der Energieproduktion und dem Hochwasserschutz dienen und

### **Kleine Wasserkraftwerke können in landwirtschaftlich genutzten Hochlagen den Hochwasser- und Erosionsschutz verbessern**

- stellt aber auch in den landwirtschaftlich genutzten Hochlagen der Einzugsgebiete zusammen mit kleinen Wasserkraftwerken eine Möglichkeit dar, den Hochwasserschutz bzw. Erosionsschutz zu verbessern.

### **3.3.5. Naturregelnde Gesetzgebung und die Entstehung von Verwaltungsvorschriften**

Die Erteilung von Bewilligungen und Erlaubnissen seitens der Behörden sowie die Abschätzung der Wirkung von Eingriffen in den Naturhaushalt orientieren sich an wissenschaftlichen Erkenntnissen, die heute oft in stark verkürzter und reduktionistischer Art, d.h. weitgehend ohne Kenntnis übergreifender Prozesszusammenhänge und Rückkopplungen durch eine bezüglich der Natur beliebige Zuordnung zu bereits bestehenden Sektoren erarbeitet und verwendet werden. Ein Großteil unserer irreversiblen Umweltschäden resultiert aus solchen nicht dem adaptiven hierarchischen Charakter solcher Systeme Rechnung tragenden Vorgehensweisen.



Die am stärksten schädigenden Eingriffe waren dabei Eingriffe in den Bodenwasserhaushalt durch Landwirtschaft, Hochwasserschutz und Bergbau. Diese wurden mit der Zielsetzung der besseren Bewirtschaftbarkeit von Böden, der rascheren Abführung von Wasser aus der Landschaft bis hin zu den ganze Landschaften betreffenden Wasserabsenkungen beim Betrieb von Tagebauen vorgenommen. **Anstatt die Flüsse einzudeichen, wäre es intelligenter, die Siedlungen und ihre Transportwege einzudeichen.** Die Eindeichung der Flüsse hat die Retentionsräume für Wasser vernichtet, die seit Jahrtausenden Bodenfruchtbarkeit fördern und Überschwemmungen verhindert haben. Damit wird das Kühlsystem der Landschaft durch gesteigerte Stoffflüsse zunehmend funktionsuntauglich gestaltet.

### **Zentrale Abwasserreinigung verhindert die notwendige Kreislaufwirtschaft**

Gleichzeitig werden durch zentrale Abwasserreinigung jede Kreislaufwirtschaft verhindert und die Ressourcen für eine zukünftige Bewirtschaftung vernichtet. Die Schadstoffphilosophie dient den Interessen der zentralen Entsorger. Zu keinem Zeitpunkt wurde im Verwaltungshandeln der notwendigen Dynamik der lebenden Systeme, und ihrer Sortierung der Schadstoffe Rechnung getragen. **Im Verwaltungshandeln werden seit Jahrzehnten die Konzentrationen anstatt der Stoffflüsse betrachtet.** Wie bereits ausgeführt wirken toxische Stoffe in der Natur völlig anders als im klinisch sauberen Labor. Durch die geringeren Umsätze der toxischen Stoffe werden diese in einer intakten Landschaft durch den Lebensprozess aussortiert.

**Es dürfte heute eigentlich nicht mehr dem Stand des Wissens entsprechen, Abflussganglinien und Grundwasserneubildung steuern zu wollen, anstatt der flächendeckenden Kühlung der Landschaft durch Verdunstung und Dämpfung der Versickerungsprozesse zur Aufrechterhaltung der Fruchtbarkeit der Standorte Priorität einzuräumen.**

### **3.3.6. Regenwald, das vollkommene Beispiel für eine funktionierende Kreislaufwirtschaft**

Beim intakten Regenwald wird das Wasser ständig im Kreislauf gehalten. Werden Teile des Waldes gerodet, wird der Wasserkreislauf unterbrochen, die dünne Humusschicht erodiert und von Wind und Regen abgeschwemmt, der Boden trocknet aus, das von Wald und Gebüsch früher feuchte Land verkommt zur Trockensteppe.

## **Bei der Beurteilung kleiner Wasserkraftwerke nach herkömmlichen Merkmalen fehlt in der Regel der übergreifende Leitgedanke**

Der übergreifende Leitgedanke fehlt jedoch in den meisten Gutachten zur Umweltverträglichkeit bzw. Förderwürdigkeit von kleinen Wasserkraftanlagen. Da ihnen der übergreifende Systemkontext fehlt bzw. vom Auftraggeber nicht eingefordert wird, bleiben die Versuche beliebig und eher vom ideologischen Wunschdenken und deshalb eines wissenschaftlich kaum mehr nachzuvollziehbaren, strukturellen Naturschutzleitbildes geprägt. Als Wirkungskategorien für die monetäre Darstellung externer Effekte werden dabei z.B. „Ressourcenverbrauch, Human-, Ökotoxizität, Ozonabbau in der Stratosphäre, Versauerung, Eutrophierung, Naturraumbeanspruchung, Lärm, Sommersmog,“ oder - wie im Falle der kleinen Wasserkraftwerke – der Treibhauseffekt, die CO<sub>2</sub>-Produktion sowie die Zerstörung von aquatischen Biotopen - was immer darunter verstanden werden soll - herangezogen (UBA, 1998, S.120).

### **3.3.7. Vorlauf für naturregelnde Gesetzgebung und Verwaltungshandeln**

#### **Gutachterpraxis bei der Beurteilung kleiner Wasserkraftwerke fraglich**

Der Vorgang einer Gesetzgebung zur Verwaltung von Umwelt und Natur soll am Beispiel der Gutachterpraxis bezüglich der kleinen Wasserkraftwerke aufgezeigt werden. Die verwendete Verwaltungspraxis basiert dabei vielfach auf folgenden Vorgehensweisen:

1. Forschungsergebnisse werden meist von einzelnen Sektoren zuzurechnenden Gutachtergremien aus ihrem Zusammenhang genommen und ohne kritische übergreifende Betrachtung bezüglich ihrer Gültigkeitsspektren in späteren Gutachten verallgemeinernd eingesetzt und zwar meist so, dass diese weitgehend den sektoralen politischen Interessen der Auftraggeber dienen.
2. Gutachten werden vielfach an staatliche und halbstaatliche Institute vergeben oder von solchen administriert. Diese sichten Forschungsergebnisse, wählen aus und versuchen, diese nach sektoralen Gesichtspunkten zu gliedern - und damit eigentlich nachgeordneten Leitbildern anzupassen. Solcherart unrelativiert verwendet, können sie die natürlichen und Ökosystemen eigene regelnde Prozessordnung nicht abbilden und deshalb auch kaum zu richtungssicheren Handlungskonzepten führen.
3. Forschungsaufträge werden meistens von solchen Institutionen vergeben, die vorrangig nicht dazu dienen, ein besseres Verständnis von Prozessen im Zusammenhang zu gewinnen, sondern vielfach, um deren Interessenlage entgegen-

kommenden Argumente zu erhärten. Diese ergänzenden Arbeiten werden daher auch vielfach von Interessensvertretungen oder politischen Endabnehmern finanziert.

4. Einige solche Gutachten zu kleinen Wasserkraftanlagen enthalten objektorientierte (Objekte sind einfacher zu monetarisieren) und nicht, wie es notwendig gewesen wäre, prozessorientierte Ökobilanzen (UBA, 1998 und 2001). Dabei wurden wenig nachvollziehbare bzw. von Beliebigkeit geprägte Ansätze zur Monetarisierung von Ausgleichsmaßnahmen erarbeitet. Berichte sowie Kurzfassungen werden erstellt, die dann ihrerseits in den Ausschüssen entweder zu Gesetzestexten oder in behördliche Verwaltungsvorschriften umgearbeitet werden. Auf dieser Basis wurden von zentralen mit sogenannten wissenschaftlichen Experten besetzten Ämtern Verwaltungsanweisungen und Verwaltungspraxis für die kleinen Wasserkraftwerke geprägt und geschaffen.
5. Nach der Erarbeitung von Gesetzesnovellen und Verwaltungsrichtlinien wird versucht, diese Verwaltungsvorschriften ohne jegliche Rückkopplung an die Lokalitäten, zentral und in bester planwirtschaftlicher Tradition umzusetzen.

Eine derartige Vorgehensweise insbesondere im Natur- und Umweltschutz, die von einer oben angeführten Beliebigkeit in der Auswahl und Verwendung von Forschungsergebnissen, Schriften und Zitaten geprägt ist, führt für Ökosysteme weder zu richtungssicherem Verwaltungshandeln noch zu einer Steigerung der Effizienz von Naturprozessen, die in Zukunft eine Basis für Nachhaltigkeit bilden sollten.

**Das ist nicht verwunderlich und ein Problem, das von der Politik und nicht von der Verwaltung gelöst werden muss, und folglich nur von der Politik gelöst werden kann. Organisationen und staatliche Institutionen dürfen und können deshalb nicht über ihren Kompetenzrahmen grenzüberschreitend denken und handeln.**

**Die vollzogene Gleichschaltung staatlicher mit Naturschutzaufgaben betrauter Institutionen muss von der Politik aufgebrochen werden**

Es gibt nur wenige europäische Länder, wo in einer solchen Rigidität wie in der Bundesrepublik ohne Versuch zur zeitlichen Anpassung an lokale Gegebenheiten und alternative Argumentationsketten mittels eines staatlichen Machtmonopols Natur verwaltet und noch immer nachhaltig beschädigt wird. In Skandinavien z.B. regeln lokale Umwelt- bzw. Wassergerichte vor allem durch die Zulassung von Betroffenen- bzw. Verbandsklagen nebst erfahrenen Ökologen in den staatlichen Planungsabteilungen als Partner unter Ausschluss von zentralen Interessensvertretungen lokale und für angemessene Zeitschritte erteilte

Erlaubnisse für den Betrieb von Anlagen sowie für die lokale Verwaltung von Naturschutz, Wasser und Umweltbelangen.

Wenn in Zukunft richtungssichere (lokal, regional und global bzw. kurz-, mittel- und langfristig konvergente) Bewertungen und ein nachhaltigkeitssteigerndes zielführendes Umwelthandeln erreicht werden soll, ist die Verwendung eines politisch konsensfähigen, relativierenden und übergreifenden Systemleitbildes für die physische (prozessoral-energetische und thermodynamisch fundierte) Subsistenzbasis unumgänglich.

Um der „lebendigen“ Dynamik unseres Tragwerks „Natur“ gerecht zu werden müssen deshalb mit höchster Dringlichkeit sektorale Betrachtungen von Klima-, Atmosphären-, Boden-, Vegetations- und Wasserhaushaltsprozessen durch systemintegrierte Ansätze relativiert und überwunden werden, Das Tragwerk kann weder durch Einführung von potentiellen Zuständen (wie etwa in Begriffen wie einer potentiellen natürlichen Vegetation bzw. der Verwendung von roten Listen oder einer FFH-Richtlinie bzw. einem Spektrum von Seen- und Gewässertypen, wie dies in der EU-WRRL geschehen ist und bis zum Jahr 2015 umgesetzt werden soll) statisch beschrieben noch ohne Rücksicht auf die notwendige Dynamik geschützt und für die Nachwelt erhalten werden. Diese Vorgehensweisen scheitern an dem Versuch, für die Gesellschaft zu einem Zeitpunkt wünschbare Zustände orts- und zeitinvariant zu konservieren, ohne dass auch nur ein einziger dieser Ansätze der notwendigen Dynamik und Phasenläufigkeit oder den wesentlichen hierarchischen Grundstrukturen eines lebendigen Natursystems Rechnung trüge, geschweige denn den Systemwirkungsgrad unseres Tragwerks „Natur“ für den gesellschaftlichen Prozess und seiner Zukunft anzuheben in der Lage wäre.

#### **4. Kleine Wasserkraft zwischen Biotopkosten und vermiedenen Kohlendioxidemissionen**

Mit der Entwicklung einer sektoralen Umweltpolitik in Deutschland entstehen heute zunehmend Zielkonflikte innerhalb des eigenen Politikfeldes. Die Genehmigung bzw. der Bestandsschutz kleiner Wasserkraftwerke ist ein Beispiel für zunehmende Zielkonflikte zwischen Klima-, Gewässer-, Boden-, Biotop- bzw. Artenschutz. Der Hauptkonflikt wird dabei als einer zwischen dem Nutzen von kleinen Wasserkraftanlagen als erneuerbarer Energiequelle für das Klima einerseits und Verursacher ökologischer Beeinträchtigungen für die betroffenen Gewässer andererseits identifiziert (UBA, 2001).

Für die volkswirtschaftliche Abwägung dieses Zielkonfliktes zieht das Umweltbundesamt in seiner Studie im Rahmen einer Ökobilanz (Kosten-Nutzen-Analyse) die vermiedenen CO<sub>2</sub>-Emissionen als externe Kosten sowie die monetäre Bewertung von Biotopen (bzw. von Biotopvernichtung, wie sie im Rahmen der Eingriffsregelung des Bundesnaturschutzgesetzes entwickelt wurde) als Kostenindikatoren heran. Schlussfolgernd wird festgestellt, dass eine nur am Klimaschutz und am Artenschutz orientierte Förderung kleiner Wasserkraftwerke (sowohl Neubau wie Verlängerung der Erlaubnisse) nicht begründet ist. Die betriebskostendeckende Förderung habe insbesondere für Anlagen unter 100 KW Leistung zu hohe Kosten für die Vermeidung von Kohlendioxid-Emissionen zur Folge. Gefördert werden sollten nur Anlagen, die mit einer Förderung in Höhe der positiven externen Effekte wirtschaftlich betrieben werden können (UBA, 1998).

##### **UBA-Studien ungeeignet**

Die übergeordneten und integrativen Kriterien einer Beurteilung des Ökosystems mit dem volkswirtschaftlichen Gesamtnutzen auf der Basis der hierarchisch strukturierten Interdependenz zwischen den Sektoren werden in dieser Vorgehensweise nicht berücksichtigt. Diese UBA-Studie entbehrt deshalb einer schlüssigen naturwissenschaftlichen sowie der volkswirtschaftlichen Grundlage und ist deshalb als Basis für die Erhaltung des ökologischen Tragwerks Natur ungeeignet.

Von der Fragwürdigkeit dieser monetären Bewertungen einmal abgesehen, handelt es sich im Falle der kleinen Wasserkraftwerke (dies trifft im übrigen auf die großen nicht zu) immer um lokal begrenzt auftretende Veränderungen der Flussökosysteme, und dies überwiegend in Gewässern, die, wie das Umweltbundesamt (UBA, 1998) selbst einräumt, bis zu 80% nicht mehr als naturnah, sondern bereits als vielfältig anthropogen überformt anzusehen sind. Bei einer übergreifenden, d.h. auch funktionalen und weniger ausschließlich einem falsch

verstandenen Artenschutz verhafteten Betrachtung wird sogleich deutlich, dass kleine Wasserkraftwerke eine positive Rolle bei der Umsetzung der so dringend erforderlichen wasserkreislaufbasierten Kreislaufwirtschaft im Einzugsgebiet spielen können, die nicht zuletzt die sogenannten externen Effekte wieder zu internalisieren in der Lage wären und damit die Konvergenz zwischen Volks- und Betriebswirtschaft in unserer Gesellschaft wieder anhebt. Den sogenannten Biotopkosten werden die Kosten für das vermiedene CO<sub>2</sub> gegenübergestellt, dessen Rolle – wie gleich von einer naturwissenschaftlich übergreifenden Sichtweise aus gezeigt werden soll – ebenfalls überschätzt wird.

Solange sich genügend bodennaher Wasserdampf auf der gesamten Fläche in der Atmosphäre befindet, bleibt die Rolle der trockenen Treibhausgase eher untergeordnet. Anders ausgedrückt: man kümmert sich um die falschen Probleme und kann daher auch keine nachhaltigen Erfolge auf dem Umweltsektor erzielen. Die entscheidende Rolle des bodennahen Wasserhaushaltes, des Wasserdampfes und der aktiven Rolle der Vegetation als dissipativem Element im klimatischen Prozessgeschehen und Strahlungshaushalt bleibt neben der Rolle der trockenen Treibhausgase und emittierten Aerosole in der oben angeführten Betrachtung weitgehend ausgeklammert.

Jedoch die globale Wärmeverteilung auf der Erde ist eher von wasser- und vegetationsgebundenen Dissipationsprozessen geprägt als von einem wesentlich geänderten Abstrahlungshaushalt durch trockene Treibhausgase.

Laut Umweltbundesamt veränderten ansteigende Treibhausgasemissionen den Strahlungshaushalt im infraroten Spektralbereich dergestalt, dass „ein großer Teil der von der Erdoberfläche emittierten Wärmestrahlung in den unteren Schichten der Erdatmosphäre „eingefangen“ und von dieser – entsprechend ihrer Temperatur – wieder in alle Richtungen abgestrahlt“ wird. „Die aus der Atmosphäre dabei nach unten emittierte Infrarotstrahlung (die sogenannte Gegenstrahlung) erhöht die Energiezufuhr zur Erdoberfläche.“ (UBA, 2001, S.4).

Die mit der vierten Potenz in die Strahlungsgleichung eingehende Temperaturfunktion ist durch den nicht vorhandenen Temperatenausgleichs- bzw. Kühleffekt des zunehmend fehlenden Bodenwasserdampfes in den bereits durch Änderung der Vegetationsdecke und des Wasserhaushalts stark beschädigten Kontinentalflächen durchaus ausreichend, um veränderte Strömungs-, Atmosphären- bzw. Klimaprozesse, wie z. B. auch eine Zunahme von trockenen Treibhaus- und Spurengasen in der Atmosphäre zu erklären. Damit sollen die anthropogen verursachten Zunahmen der Emissionen aus Verbrennungsprozessen keineswegs verharmlost oder geleugnet werden. Es soll nur darauf hingewiesen werden, dass Emissionen vor allem erst mit dem gleichzeitig fehlenden Bodenwasserdampf atmosphären- oder klimawirksam werden. Sind die sich gegenseitig bedingenden und wechselwirkenden Komponenten Wasser und Vegetation an der Erdoberfläche hinreichend

vorhanden, bewirkt die stattfindende Verdunstung die signifikante Dämpfung der Temperaturmaxima, der Stoffdynamik sowie die Bindung von Kohlendioxid und Spurengasen in den feuchten Oberflächen des Bodens und der Vegetation.

### **Kleine Wasserkraftwerke fügen sich optimal in die notwendige Kreislaufwirtschaft ein**

Es kann gezeigt werden, dass durch die Optimierung des Wasserhaushalts in kleinen Einzugsgebieten, durch die Implementierung kleiner dezentraler Wasserkraftwerke im Zusammenwirken mit Biomasseplantagen auf bereits zu trockenen Flächen unter Rückführung von geklärtem Abwasser und Stoffkreislaufführung ein wesentlich biotoperhaltenderer effizienterer Naturschutz gewährleistet werden kann, als dies bisher geschehen ist. Wenn die oben angeführten Überlegungen gesellschaftlich akzeptiert werden sollten, ist ein neuer adaptiver Prozess auch in Schulen und Hochschulen durch systemische Integration einiger naturwissenschaftlicher (insbesondere stark ausdifferenzierter ökologischer) Sektoren vorzubereiten und zu ermöglichen. Eine Weiterführung der bisherigen auf den einzelnen Sektoren zentralgesteuerten Verwaltung der Natur ist mit Sicherheit zur Erreichung von Nachhaltigkeit und intergenerativer Gerechtigkeit aufgrund der oben angeführten Überlegungen abträglich.

#### **4.1. Artendiversität, Durchgängigkeit und andere Einflußgrößen – Wertung der herkömmlichen Gutachten**

Auf der Basis der vorhandenen Gutachten zur Erteilung von Gestattungen von kleinen Wasserkraftanlagen wird folgendes festgestellt:

Der Bau des Wehres als Querbauwerk im Zusammenhang mit den kleinen Wasserkraftwerken wird vom Umweltbundesamt als eines der wesentlichen Eingriffe auf das Ökosystem Fließgewässer identifiziert, unterbricht es doch das Fließgewässerkontinuum. Ebenso wird der Geschiebetransport unterbrochen, der im Staubereich u.a. zu Feinsedimentablagerungen mit Folgen für den Bestand der Bodenlebewesen und unterhalb des Wehres zu Einschlungen führt, die Grundwasserabsenkungen oder gar das Verschwinden der Vegetation im Umland nach sich zieht (UBA, 1998).

Auch im Gutachten der Bundesanstalt für Gewässerkunde im Abschnitt „Einfluss der Kleinen Wasserkraftanlagen auf das Ökosystem“ wird einzig das weithin bekannte „river continuum concept“ (Vannote *et al.*, 1980) ins Treffen geführt, während das „serial discontinuity concept of lotic ecosystems“ (Ward & Stanford, 1983) - sicherlich das in Wirklichkeit häufiger angetroffene theoretische Konzept für Gebirgsbäche und Flüsse der Mittelgebirge - nicht

erwähnt wurde. Das Konzept der notwendigen Durchgängigkeit wurde als wichtigstes Konzept für die Fischerei angenommen, während Querbauwerke grundsätzlich als unüberwindliche Hindernisse dargestellt wurden. Andererseits werden Breiten und Tiefenvarianz als positive bestimmende Größen für den Fischbestand erkannt (Jungwirth 1986, Jungwirth & Muhar, 1991).

Für eine solche Biotopstruktur bildet aber das serielle Diskontinuitätskonzept eine Voraussetzung (u.a. auch Jungwirth *et al.*, 2000 in UBA, 2001). Jeder Fischer weiß, dass Kolke, Uferunterspülungen sowie abwechselnd langsam und rasch fließende Gewässerabschnitte von Fischen und ihren Nährtieren als Nähr- und Schutzbiotop eher angenommen werden, als weniger strukturierte Abschnitte. **Dabei sind rasch fließende Gewässerstrecken in der Regel kaum fischereilich besiedelt, weil auch die Fische der Forellenregion strömungsberuhigte Unterstände als „Ansitz“ und als „Deckung“ und Ruheplatz benötigen.**

Kleine Wasserkraftwerke werden pauschal für die Abnahme der Tiefen-Breitenvarianz und für die Vereinheitlichung der Lebensräume in Fließgewässern verantwortlich gemacht: „Kolke, Furten, Kehrwasserbecken und andere gegebene Grobstrukturen des Gewässerbettes werden durch den Stau eliminiert (Berg 1993: 185 in UBA, 1998), es kommt zu einer Monotonisierung und Vereinheitlichung des Lebensraumes (Klepser 1996: 127 in UBA, 1998). Durch die vom Stau verursachte mögliche Kappung der Hochwasserspitzen verliert der Fluss seine gestalterische Kraft, womit neue Uferabbrüche und andere Kolke verhindert werden.“ (UBA, 1998, S. 19). Anscheinend hat jedoch bis heute kaum ein europäischer Fluss seine „gestalterische Kraft“ behalten. Schon allein durch lokal verursachte Klimaänderung, Bewirtschaftung mit meist standortfremden produktiveren Vegetationskomponenten, Austrocknung und Überhitzung der Talauen, erosionsförderndem Straßenbau in den Hängen der meist staatlichen Forste und zunehmende Windwurffrequenz zeichnen sich überall stark ändernde Abfluss- und Geschiebespektren mit den entsprechenden Auswirkungen auf die Intaktheit der Fließgewässer ab gegenüber denen die Auswirkungen der kleinen Wasserkraftnutzung vernachlässigbar sind.

Störungen treten regelmäßig durch Einleitungen von Klärwerksabläufen (Sauerstoffzehrung) und bei Starkregenereignissen durch den Eintrag von feinem Material aus dem laufenden Straßenbau sowie aus den Bergforststraßen auf. Der Eintrag von Feinmaterial bewirkt auf kürzeren begrenzten Abschnitten durch hohe temporäre Schwankungen der Sauerstoffzehrung und der Verfüllung des Lückensystems in den Interstitialräumen eine Verödung von Fauna und Flora.



Wie eine jüngst angefertigte Studie an der Elz zeigt, können jedoch die Schwankungen der Abundanzen für Libellen und Laufkäfer nicht auf den Bau und Betrieb von Wasserkraftanlagen zurückgeführt werden (Institut für Landschaftsökologie und Naturschutz, 2003).

Es wird andererseits auch darauf verwiesen (UBA, 1998), dass heute etwa 40% der Fließgewässer ausgebaut sind und zwischen harten Uferbefestigungen fließen bzw. nur noch wenige Fließgewässerstrecken im Quellbereich oder Oberlaufbereich als naturnah bezeichnet werden können. Ein Großteil der Gewässer vermag seine natürlichen ökologischen Funktionen nicht mehr zu erfüllen. Dabei wird insbesondere der Verlust des Hochwasserretentionsvermögens als Folge der Besiedelung oder der landwirtschaftlichen Nutzung der Talaue hervorgehoben.

Eine allgemeine Fehleinschätzung resultiert aus der Annahme, es gäbe noch natürliche oder naturnahe Gewässer bzw. Gewässerabschnitte in einer Landschaft, die völlig erschlossen ist und anthropogen genutzt wird. Der Urwaldanteil stellt mit kleinsten Bruchteilen von Prozenten die absolute Ausnahme dar. Studien aus solchen Urwaldgebieten zeigen jedoch, dass die meisten Annahmen bezüglich Organismen, ihrer Vermehrung sowie der Dynamik von naturnahen Ökosystemen in bewirtschafteten Einzugsgebieten nicht belegt werden können. Szenarien zur naturnahen Entwicklung werden durch solche Studien meist entwertet. Kulturflüsse können nicht zu Laichflüssen zurückgebaut werden, es sei denn, man beseitigt den Menschen und seine Siedlungen. Naturnahe Zustände in solchen Gewässern können nicht durch rückwärts gerichtete Extrapolierung abgebildet werden. Dies gilt, wie kürzlich ausführlich gezeigt wurde, auch für das Beispiel der Wiederkehr des atlantischen Lachses im Rhein, dem trotz monetär aufwendiger Fischschutzprogramme kaum Chancen für eine zukünftige Reproduktion in solchen Gewässern eingeräumt wird (Lüttke & Prinz, 2003), wie auch für viele Gewässer in der Bundesrepublik und Europa, deren Gewässergüte an einem ausgedünnten Organismenspektrum ohne Kenntnis der tatsächlichen Zusammenhänge mittels Bioindikation und ohne Kenntnisse der wichtigen Rückkopplungen zwischen Wassermenge und Gewässergüte beurteilt wird.

### **Kleine Wasserkraftanlagen Festpunkte für Verzweigungen als Laichbiotope**

Die verzeihende Natur beschert uns jedoch immer noch einen reichen Fischfang, solange genügend Wasser in der Landschaft ist. Kleine Wasserkraftanlagen ohne Mammuststauanlagen - aber mit künstlich geschaffenen Wasserrückhaltstrukturen in Form von Ausleit- und Verzweigungsgewässern - dienen bei entsprechender struktureller Ausstattung als Laich-, Nähr- und Schutzbiotope, wie dies Studien aus dem Schwarzwald belegen (Lüttke, 2002). Voraussetzung dafür ist natürlich in jedem dieser Gewässer ein genügender Restwasserabfluss, der nur durch einen ganzjährig intakten Wasserhaushalt im Einzugsgebiet vorgehal-

ten werden kann. Fische benötigen entsprechend ihrer Entwicklung die passenden Schutz- und Nährbiotope für Jungfische sowie geeignete Nährtiere. Dazu dienen meist Aufwuchsstrukturen, die auf und unter der Wasservegetation sowie auf und unter Steinen zu finden sind, wobei die angeströmten und die im Abstrom liegenden Flächen bezüglich ihrer Besiedlung verschiedene, ausdifferenzierte Organismengesellschaften aufweisen. Fast sämtliche Gewässerorganismen ernähren sich heterotroph auf der Basis von Bakterienrasen, die auf Substratoberflächen zusammen mit autotrophen Algenkomponenten zu Biofilmen organisiert sind und durch autotrophe Aufwuchsalgen auch noch den für die Mikro- und Meiofauna notwendigen Sauerstoff bilden können. Die Biofilme sind dabei auf einen ständigen, weitgehend externen Eintrag von abbaubarem organischen Material wie Blätter, Pollen und Äste, aber auch durch absterbende Algenrasen und Pflanzenexkrete angewiesen. Diese dynamischen Strukturen im dynamischen Gleichgewicht mit den periodisch auftretenden Strömungsgradienten liegen der intakten Artenvielfalt in den Gewässern zugrunde.

### **Einseitiges konservierendes Naturschutzdenken führt in die Sackgasse**

Wenn Gewässer als nachgeordnete Transportsysteme Indikatoren für die wasserbürtige Prozessverteilung der Einzugsgebiete darstellen, d.h. Wasser bezüglich Qualität und Quantität weitgehend auf der Einzugsgebietsfläche durch die Bewirtschaftung bestimmt wird, sind die einschlägigen nur auf die Gewässer bezogenen Gutachten meist von fachlichem Wunschdenken geprägt. Naturschutz im angeführten Sinn, nämlich Teile der Natur ohne Rücksicht auf die funktionale Kohärenz mit ihrem Einzugsgebiet konservierend schützen zu wollen, lenkt davon ab, die für Natur und Gesellschaft notwendigen Funktionen der Natur, die Subsistenzfunktionen in Einzugsgebieten organisiert, auf der gesamten Landesfläche aufrechtzuerhalten. Zu diesen Funktionen zählen die Energiedissipation mittels Wasser auf der gesamten Landschaftsfläche (Kühlfunktion), die Energieproduktion mittels erneuerbarer Energieträger, die Nahrungsmittel- und Rohstoffproduktion auf der eigenen Landesfläche unter bestmöglicher verlustarmer Stoffkreislaufführung. Dazu gehört aber auch der funktionale Naturschutz wie der Erhalt von Klima, Atmosphäre, Oberflächenwasserhaushalt, Kühlung (Thermostatfunktion) und Bodenfruchtbarkeit.

#### **4.2. Eingriffe in den Naturhaushalt von Gewässern durch kleine Wasserkraftanlagen – Kritik einer sektoral verrechtlichten Sichtweise -**

Es zeichnen sich deutlich Grenzen einer Verrechtlichung von Natur durch Gesetzgebung an der Schnittstelle zwischen der Gesellschaft und den Naturprozessen ab. Die Gesetzgebung verwaltet den Prozess Natur mit einem umfassenden Universalitätsanspruch, allerdings grundsätzlich inkompatibel mit dem adaptiven hierarchischen Naturprozess ist. Dadurch wird

der Wirkungsgrad des Naturprozesses meist zwingend gemindert. Ineffizienz und ungenügende Anpassung verhindern dabei meist die gesellschaftlich übergeordneten Ziele einer Nachhaltigkeit, die durch Implementierung einer adäquaten rückgekoppelten Ressourcenbewirtschaftung erreicht werden kann. Aus diesen Überlegungen ergibt sich die Konsequenz von enormen Einsparpotentialen bei der Struktur der Naturverwaltung. Die andauernden Fehlleistungen einer inadäquaten Naturverwaltung und ihrer nachgeordneten Institutionen sind kaum wissenschaftlich und kaum hilfreich. Nach der Elimination dieser Fehlleistungen könnten die Aufgaben der nachhaltigen Entwicklung in Zukunft durch geeignete, integrativ ausgebildete und mit den notwendigen Kompetenzen und Pflichten ausgestattete Ressourcenmanager für eine „private public partnership“ übernommen werden.

Das Verwaltungshandeln sowie die Situation für den Bau von kleinen Wasserkraftwerken würde sich bei der Implementierung und Überprüfung von „best management practices“ durch Umweltgerichte, wie dies in Skandinavien gehandhabt wird, rasch und in Richtung höherer Effizienz verändern. Ein erster richtungssicherer Schritt in Richtung Nachhaltigkeit wäre mit der Schaffung eines besseren Wasserrückhalts in der Landschaft, mit Ausleit- und Nebengewässern, mit der Wiederbefeuchtung der Landschaft in Retentionsräumen, der Möglichkeit, Böden und Wasserhaushalt mit Biomasse unter Recycling von Nährstoffen zu stabilisieren und der Steigerung von Verdunstung in kurzgeschlossenen Wasser- und Stoffkreisläufen durch Vegetation zu erzielen. Große zentrale Wasserkraftanlagen wie z.B. im Donaudelta in Rumänien und der Ukraine sind in der Lage, durch enorme Eingriffe in den Geschiebetransport großflächige Auenbereiche nachhaltig zu beeinträchtigen, so dass sich weder Vegetation noch Fauna an die bezüglich der Periodizität völlig beliebigen Spülprozesse zur Aufrechterhaltung des Stauraums anpassen können. Man würde ferner einsehen, dass die Eindeichung von Flüssen und die Vernichtung von Wasserrückhaltsflächen ökologisch wesentlich bedenklicher ist, als die Eindeichung von Siedlungen und den für diese notwendigen Transportwegen.

### **4.3. Volkswirtschaftliche Kosten**

Vor diesem Hintergrund zurück zu den von Beliebigkeit in Bezug auf die hierarchisch geordneten Naturprozesse geprägten Gutachten, die sich zum Ziel gesetzt haben, mittels eines „Ökobilanz“ genannten Instrumentariums den gutachterlichen Beweis zu führen, dass kleine Wasserkraftanlagen eine schlechte Ökobilanz aufweisen und begründen, warum große Wasserkraftwerke eine wesentlich günstigere ökologische Bilanz auf die Waage bringen.

### 4.3.1. Ökobilanzen

Ansätze einer ökologischen Bilanz kleiner Wasserkraftwerke basieren darauf, die externen Effekte, in diesem Falle die „Wirkungskategorie Treibhauseffekt“, monetär zu bewerten. Dabei werden die vermiedenen CO<sub>2</sub>-Emissionen (Ansätze nach GEMIS, Fankhauser, 1995 und INFRAS, Hohmeyer & Gärtner 1992 in UBA, 1998, S. 123 f) einer nach Kostensatz für flächenhafte Biotopzerstörung ermittelten Ausgleichszahlung (Ansätze nach Hampicke, Schweppe-Kraft bei UBA, 1998, S. 125 f und 127 f) gegenübergestellt. Am Beispiel einer geplanten Neuanlage eines Wasserkraftwerkes mit 40 kW an der Söse (UBA, 1998, S. 130 ff) wird sodann ermittelt, dass die Produktionskosten für Strom ohnehin schon über den Vergütungssätzen nach dem Stromeinspeisungsgesetz lägen. Aber vor allem könnten die vermiedenen CO<sub>2</sub>-Kosten (hier 5.000,- bis 13.500,- DM) die Kosten für die Ausgleichsmaßnahmen (hier 75.000,- DM für Umgehungsgerinne und Fischpass) nicht kompensieren, so dass diese Anlagen nicht wirtschaftlich zu betreiben wären.

Das Umweltbundesamt empfiehlt daher, dass – zumal die Sätze im Einspeisungsgesetz ohnehin schon eine Internalisierung externer Kosten beinhalten – kleine Wasserkraftanlagen oder den Ausbau derselben insbesondere an „naturnahen“ Fließgewässern nicht weiter zu genehmigen, da die volkswirtschaftlichen Kosten der Vermeidung von Kohlendioxidemissionen zu teuer, d.h. mit anderen Mitteln effizienter zu erreichen wären (UBA, 1998, S. 139).

Die Funktion kleiner Wasserkraftwerke ist aber nur im Kontext ihres dahinterliegenden Einzugsgebietes im Zusammenhang mit der Verbesserung der Wasser- und Stoffrückhaltefunktion für das Vorhalten der Subsistenzfunktionen in der Gesellschaft bewertbar. Durch ihre Funktion für einen lokal intakt gestalteten Wasserkreislauf im Kontext mit einer biomassebasierten Energieproduktion und bei gleichzeitiger Funktion für Klimaschutz, Hochwasserschutz, Bodenschutz und Gewässerschutz kann die kleine Wasserkraftanlage zum regulierenden Knotenpunkt eines wasser- und stoffkreislaufbasierten Flächenmanagements für ein kleineres Einzugsgebiet werden. Die in solchen Einzugsgebieten meist bereits erfolgte Beschleunigung der Abflüsse wird hier nicht berücksichtigt. Sie ist zusätzlich gekoppelt mit zunehmenden Nähr- und Mineralstoffverlusten, mit der Überhitzung von Flächen und der nachfolgenden Mineralisierung sowie Abgabe von Kohlendioxid. Stickstoff wird in Klärwerken durch die Entstickung an die Atmosphäre verloren, Bodenerosion aus weitgehend durch Bewirtschaftung geschädigten Flächen bei Starkregenereignissen insbesondere in den für Kleinkraftwerke am ehesten infragekommenden Gebieten der Mittelgebirge und der Alpen wird in Kauf genommen. Diese heute auftretenden externen Effekte könnten gezielt und innovativ durch lokale integrative Kreislaufwirtschaft minimiert werden.

Als notwendiger Referenzstandpunkt muss der Prozess Natur als selbstorganisierendes dynamisches System gelten und gesehen werden, wo eine weitestgehende Dissipation der täglichen Energiepulse durch Umwandlung in geschlossene verlustarme Stoffkreisläufe dienen. Diese können damit eine positive Veränderung der Nachhaltigkeit bewirken. Erst solche Bilanzaspekte ermöglichten es, Aussagen zur Ökosystemfunktion und den daraus resultierenden Strukturen und ihrer möglichen Schutzwürdigkeit vorzunehmen. Im Falle der kleinen Wasserkraftanlagen wird die Beliebigkeit der Aufzählung und Verwendung von nicht transparenten Wirkungskategorien offenbar, während Phasenläufigkeit (= orts- und zeitan-gepaßte Kopplung) und Hierarchie im System nicht erkennbar werden. Daraus kann geschlossen werden, dass Gutachten mit solchen äußerst sektoralen Ansätzen eher geeignet sind, schädliche Wirkungen auf das dynamische System „Natur“ auszuüben, als Hilfestellung für ein konsistentes Verwaltungshandeln und für angepasste Lösungen mit dem Ziel des Systemerhaltes geben zu können.

#### **4.3.2. Aussagen zu einer der Zentralversorgung dienenden Energieerzeugung großer Wasserkraftanlagen**

In diesem Kontext müsste auch bereits deutlich geworden sein, dass zentralisierte Anlagen grundsätzlich zu größeren und globaleren ökologischen Schäden führen müssen als kleine dezentrale adaptive und multifunktionale Lösungen. Dies gilt für die Kernkraft, die immer noch von Industrieinteressen und einer abnehmenden Anzahl Politikern als ultimative umweltfreundliche Energiequelle gesehen wird, obwohl es bereits deutlich geworden ist, dass diese Technologie in ihrem gesamten Wirkungsspektrum zurzeit nicht beherrschbar ist. Da zum Beispiel bis heute weltweit kein zukunftsicheres Endlager für atomare Abfälle ausgewiesen ist. Dagegen wird die ökologische Ächtung kleiner Wasserkraftanlagen, die bei intelligenter Anlage multifunktional für die ökologische Reparatur ausgetrockneter Landschaften dienen können, weiter betrieben. Sowohl der lokale Wasserhaushalt, die Aufrechterhaltung der notwendigen flachen ökologischen Gradienten in Bezug auf Wasserhaltefähigkeit kann damit gestaltet werden als auch Feuchtigkeit, Temperatur und die chemische Gradienten an Land und in Gewässern. Sie können als Basis einer natürlichen Artenvielfalt dienen. Eine gleichzeitige ökologische Unbedenklichkeitsbescheinigung für große zentrale Wasserkraftanlagen fußt auf einer ähnlichen Verzerrung der Tatsachen wie bei der Atomkraft und bei der durch eine liberalisierte und zentralisierte in die „private public partnership“ entlassene Wasserver- und -entsorgung. Es gilt heute die zwiespältige Rolle der vom Bürger bezahlten und den Institutionen, die den Ministerien nachgeordnet sind, transparent zu machen. Dort wird mit mathematisch präzisen Methoden versucht, sowohl den Gesetzgeber wie auch den Bürger zu täuschen, indem eine monetär nutzbare

Beliebigkeit in die natürliche, effizienzerhaltende Prozessordnung der unabänderlichen Naturgesetze eingeschleust wird.

## 5. Positive Effekte für das Einzugsgebiet kleiner Wasserkraftanlagen

Um die Subsistenzfunktionen für die Gesellschaft und damit auch für die Natur zu gewährleisten, ist es nötig, die natürliche Funktionalität der gesamten Landesfläche aufrechtzuerhalten. Dazu ist ein integriertes Ressourcenmanagement in Form einer verlustarmen Kreislaufwirtschaft erforderlich. Kleine Wasserkraftwerke, die ihre Techniken den natürlichen Gegebenheiten der Flüsse (Vorhalten einer Vielfalt an Strömungsgradienten sowie Mindestwasserführung) anpassen, können bei optimiertem Ressourcenmanagement einen wichtigen Beitrag zur Steuerung des Landschaftswasserhaushaltes, der Stoffströme und des Klimaschutzes ihres Einzugsgebietes leisten.

Dieses neue Flächenmanagement erfordert die übergreifende Zusammenarbeit der einzelnen Ressorts. Es beruht auf einer Wende zur ressourcenschonenden Wasser-, Land- und Forstwirtschaft mit kleinräumigen, kurzgeschlossenen Wasserkreisläufen als prozessbestimmendem Element in den einzelnen Einzugsgebieten. Über die Steuerung der Verdunstung durch Vegetation und die Rückführung von Klarwasser und Klärschlämmen wird die Vegetation und das lokale Klima stabil gehalten und liefert damit auch einen dämpfenden Beitrag für das überregionale Klima. Diese Vorgehensweise ist inkrementell, dezentral und wird lokal durchgeführt, um retentionsfördernde Maßnahmen zum Hochwasserschutz und zum Wasserrückhalt im Einzugsgebiet hier mit einer lokalen, biomassebasierten Energieerzeugung zu verfolgen, mit ressourcenschonenden bodenanreichernden Anbauweisen durch Rückführung von Klarwasser und Klärschlämmen zu einer angepassten Kreislaufwirtschaft zu koppeln und mittels einer besser strukturierten Vegetationsdecke die Nutzungsdauer zu verlängern den Naturprozess zu stabilisieren.

### **Wasserkraftnutzung begünstigt eine Vergleichmäßigung des Wasserabflusses**

Damit werden die Wirkung der trockenen Treibhausgase minimiert, die Temperaturschwankung gedämpft und damit die „Kühlung“ verstärkt, sowie das Wasserdargebot lokal gesteigert, Kreislaufwirtschaft und Ressourcenwirtschaft gefördert und der Boden mit Nährstoffen angereichert. Durch die Anhebung des Bodenwasserspiegels wird eine bessere Steuerungsmöglichkeit des Wasserkreislaufes durch die Vegetation erzielt. Die so wiederhergestellten natürlichen Sauerstofflimitierungen in den Böden dämpfen die Stoffwechselprozesse wie den Humusabbau bei gleichzeitiger langsamer Anhebung des Bodenwasserspiegels und mindern Erosion sowie eutrophierende, schädigende Einträge von Nährstoffen in die Gewässer. Die Abflussganglinie wird vergleichmässigt und die Stofftransporte werden minimiert. **Diese Art der Bewirtschaftung stellt den besten**

## **Gewässerschutz durch lokale Begrenzung von kurzgeschlossenen Stoffkreisläufen auf den Böden der gesamten Landschaftsfläche dar.**

Dazu müssen vor allem lokale und regionale Betreiber von Ver- und Entsorgungsstrukturen mit den Flächenbewirtschaftern zusammenarbeiten. Kleine Wasser- und Biomassekraftwerke und z.B. Flächen für die Ablösung der Fremdenergie der landwirtschaftlichen Betriebe sowie eine weitere lokale und regionale Wärme- und Energieversorgung des Bürgers als Biomassefelder in die Kulturlandschaft sind einzubauen. Diese Felder können außerdem noch Bodenaufbau, Wasserrückhalt und lokalen Klimaschutz bewerkstelligen und durch intensiviertere Lebensprozesse die Flächen nach und nach entgiften durch Nutzung aller möglichen Synergien. Eine Intensivierung der Freiland - Nahrungsmittelproduktion auf kleinerer Fläche sowie zunehmend in unter Glas in recycelnden Gewächshäusern nutzt die Kohlenstoffquellen auf der Basis bakterienbasierter Nahrungsmittelproduktion.

Die in diesem Gutachten vorgestellte leitbildorientierte Flächenbewirtschaftung wird zum Katalysator einer wirtschaftlichen und sozialen Wiederbelebung des Landes. Der Trend, der seit dem zweiten Weltkrieg stetig bis heute auf etwa 2% der Bevölkerung Deutschlands verringerten Arbeitsplätze in der Landwirtschaft wird umgekehrt: **Es kommt zur Rückbesiedlung der strukturgeschwächten ländlichen Räume.** Der Landwirt als Ressourcenmanager wird qualifiziert als Energie-, Wasser-, Klima- und Naturwirt, der Ver- und Entsorgungsfunktionen für die Städte im Recycling auf seiner Fläche bewerkstelligt. Damit erhält der Beruf des Landwirts Zukunftschancen, wirtschaftlich wieder selbstständig zu werden.

**Doch eine extensivierte Landwirtschaft dürfte solange nicht als ökologisch bezeichnet werden, wie sie nicht mehr Energie in Form von Nahrungs- und Futtermitteln erzeugt, als sie an fossilen Energien verbraucht. Sie ist in hohem Maße problematisch, da sie nur wenige Bürger ernähren kann, und bei einer wünschenswert gesteigerten Nachfrage ihrer Produkte zunehmend aus Drittländern mit Unterversorgungsproblemen Nahrungsmittel eingeführt werden müssen. Damit werden Schäden an Böden an zwei Stellen gefördert und eine geschlossene Kreislaufwirtschaft hier wie dort unmöglich gemacht. Soll eine solche unverantwortliche Politik beendet werden, müssen sämtliche Subsistenzfunktionen für die Gesellschaft auf der eigenen bewirtschaftbaren Landesfläche stattfinden.**



## **Kleine Wasserkraftwerke dienen der Stoffrückhaltung**

Kleine Wasserkraftwerke dienen schon bisher der Verbesserung der Wasser- und damit Stoffrückhaltung im Einzugsgebiet. Gekoppelt mit der gezielten Anlage perenner (mehrjähriger, dauerhafter) Biomasseflächen für nachhaltige Energieerzeugung, Klimaschutz, Hochwasserschutz, Wasser- und Stoffrückhalt auf der Fläche besonders für die Sommermonate helfen sie, die aus den Fugen geratenen Naturprozesse durch gezieltes Flächenmanagement wieder zu dämpfen. Nur so können Volks- und Betriebswirtschaft wieder zur Konvergenz gebracht werden und soziale Verwerfungen lokal mindern.

## 6. Empfehlungen

Um die gesellschaftlichen Ziele der gesteigerten Nachhaltigkeit und intergenerativen Gerechtigkeit allmählich zu erreichen sind folgende Systemänderungen erforderlich:

- Beseitigung von gesetzlichen und verwaltungsmäßigen Hindernissen und redundanten, zentralistischen, unangepassten Regulierungen um eine bezüglich der Nutzstoffe (wie Basen und Nährstoffe) verlustarme Kreislaufwirtschaft sowie die Integration sämtlicher Subsistenzprozesse auf der Fläche zu ermöglichen.
- Verstärkung des Landschaftswasserhaushalts durch maximale Verdunstung und Minimierung der Versickerung auf der Fläche. Eine wichtige Möglichkeit bieten **kleine Wasserkraftwerke als positive Schnittstellen für die Steuerung der vernetzten Vegetations-, Kühlungs- und Klimaprozesse, um die aus den Naturprozessen resultierende Artenvielfalt in kleinen Einzugsgebieten zu erhalten.**
- Erfolgskontrolle für nachhaltigkeitssteigernde Maßnahmen durch ein satellitengestütztes Monitoring der Fläche. Mittels der seit vielen Jahren zur Verfügung stehenden Satellitenbilder können die zunehmend durch Wassermangel nicht mehr gekühlten Landschaftsteile („hot spots“) erfasst werden. Erst dieses objektive Monitoring der Abflussganglinien mit irreversiblen Nährstoffströmen aus den einzelnen Einzugsgebieten ermöglichen eine rückgekoppelte Bewirtschaftung und damit Trendumkehr.
- Leitbild zur Ausbildung von Ressourcenmanagern auf allen Ebenen. Vorhandene Berufe müssen sich intensiv mit der Integration lokaler Subsistenzfunktionen, nämlich der Energieerzeugung, der Wasserbelange sowie der Nahrungs- und Rohstoffproduktion auf der Landschaftsfläche beschäftigen. Die ökosoziale Kreislaufwirtschaft, die organische Abfallwirtschaft sowie die Aufrechterhaltung der für die Gesellschaft notwendigen Leistungen der Natur wie Klima, Kühlung, Vegetation und Bodenfruchtbarkeit erfordern nach dem Vorbild der Natur bestens ausgebildete Spezialistenteams, um adaptiv das Tragwerk der Gesellschaft aufrechtzuerhalten.
- Überarbeitung nachhaltigkeitsenkender, sektoraler Berufsbilder in Forschung, Planung, Verwaltung und Naturschutz, um personell die integrative und wirkungsgradsteigernde Prozesskopplung in der Landschaft zu gewährleisten.
- Zulassung der Wasserkraftnutzung auf eine neue gesetzliche Basis stellen, die deren Rechtsverleihung einer prioritären Bedeutung im Interesse des öffentlichen Wohls zum Klima- und Ressourcenschutz einräumt.

## 7. Literatur

Arbeitsgemeinschaft Oberflächengewässer Herr Kolf 2002: NRW-Leitfaden zur Umsetzung der WRRL. Teil 3. Fachliche Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in NRW. Juli 2002

Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2002: Entwicklung der Erneuerbaren Energien – Aktueller Sachstand -. Referat Z II 3 „Öffentlichkeitsarbeit“. Bonn, Januar 2002

BUWAL 1997: UVP von Wasserkraftanlagen. Maßnahmen zum Schutz der Umwelt. 1997

Digerfeldt, G. 1972: The post-glacial development of Lake Trummen. Regional vegetation history, water level changes and paleolimnology. Folia Limnologica Scandinavica 16

Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG) vom 29. März 2000 (BGBl. 2000 I 305)

Göttelmann + Ross Beratende Geowissenschaftler GbR: Orientierende Studie zu ökologischen und wasserwirtschaftlichen Auswirkungen einer geplanten Kleinwasserkraftanlage am Neumagen in Staufen. Im Auftrag des Bundes für Umwelt und Naturschutz Deutschland, Ortsgruppe Staufen

Hake, J.-F. Markewitz, P., Martinsen, D. 1998 : Die Rolle erneuerbarer Energiequellen in der Stromwirtschaft unter veränderten Randbedingungen. Forschungszentrum Jülich GmbH, Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung. [www.fja-juelich.de/ste/Welcome.html](http://www.fja-juelich.de/ste/Welcome.html)

Hildmann, Ch. 1998: Der Wirkungsgrad der Landschaft – ein Maß für die Nachhaltigkeit. In: Verh. GfÖ 28. 35-42

Hildmann, Ch., 2003: Mängel und Perspektiven einer umweltbezogenen Raumplanung: eine ökologische Sicht, pp 21-42 In: Der integrative Umweltplan – Chance für eine nachhaltige Entwicklung? Kuhling, W. & Hildmann, Ch. (eds.). Dortmund

IER, IWS DWD: Studie. Stand und Perspektiven Erneuerbarer Energien in der Region Stuttgart. Zusammenfassung

Institut für Landschaftsökologie und Naturschutz (Hrsg.), 2003: Monitoring zur Wasserkraftanlage an der Elz in Winden – Niederwinden und Gutach – Bleibach

Jørgensen, S.-E. 1992: Integration of Ecosystem Theories: A Pattern. Kluwer Academic Publishers, Netherlands

Jungwirth, M. 1986: Lauf- und Ausleitungskraftwerke aus hydrobiologischer Sicht. – Landschaftswasserbau 7, 73-96

Jungwirth, M. & Muhar, S. 1991: Gutachten zu möglichen Auswirkungen von Kleinwasserkraftanlagen auf Fließgewässerökosysteme. - Wien

Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, 2001: Empfehlungen zur Ermittlung von Mindestabflüssen in Ausleitungsstrecken von Wasserkraftanlagen und zur Festsetzung im wasserrechtlichen Vollzug. Kulturbuch-Verlag Berlin. – (31); ISBN 3—88961-236-9

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg 1995: Umweltverträglichkeitsprüfung bei Wasserbauvorhaben nach § 31 WHG. Leitfaden Teil III: Bestimmung des Untersuchungsrahmens, Untersuchungsmethoden

Landtag von Baden-Württemberg, 2001: Große Anfrage der Fraktion GRÜNE und Antwort der Landesregierung: Verdoppelung des Anteils erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch bis zum Jahr 2010. Drucksache 13/134, 26.07.2001

Liljequist, G.H. und Cihak, K., 1990: Allgemeine Meteorologie. Vieweg, Braunschweig

Lüttke, M. 2002: Anglers Alptraum. Die Zeit Nr. 13, Lüttke, M. Prinz, März 2002

Lüttke, M. & Prinz, J. 2003: Die Wiederkehr des atlantischen Lachses. Fische in Baden-Württemberg. Ministerium für ländlichen Raum, 2003

Marx, Dr.-Ing. W. 2001: Nachhaltige Nutzung der Wasserkraft. ITAS Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse. TA-Datenbank-Nachrichten, Nr. 3/10. Jahrgang – September 2001, S. 35-40

Meadows, D.L., Meadows, D.H. & Randers, J. 1972: Die Grenzen des Wachstums. Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit. Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart. 182 pp.

MUV – Ministerium für Umwelt und Verkehr 2000: Gemeinsame Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Umwelt und Verkehr, des Ministeriums Ländlicher Raum und des Wirtschaftsministeriums zur gesamtökologischen Beurteilung der Wasserkraftnutzung; Kriterien für die Zulassung von Wasserkraftanlagen bis 1000 kW: Neufassung vom Dezember 2000, Az.: 51-8964.00, Stuttgart

Pielke, R. A., R.L. Walko, L. Steyaert, P.L. Vidale, G.E. Liston and W.A. Lyons, 1999: The influence of anthropogenic landscape changes on weather in south Florida. *Mon. Wea. Rev.*, 127, 1663-1673

Pielke Sr., R.A. 2001: Influence of the spatial distribution of vegetation and soils on the prediction of cumulus convective rainfall. *Rev. Geophys.*, 39. 151-177

Pielke Sr., R.A. G. Marland, R.A. Betts, T.N. Chase, J.L. Eastman, J.O. Niles, D. Niyogi, and S. Running, 2002: The influence of land-use change and landscape dynamics on the climate system- relevance to climate change policy beyond the radiative effect of greenhouse gases. *Phil. Trans. A, Special Theme Issue*, in press.

Pokorny, J., 2001: Dissipation of solar energy in landscape – control by management of water and vegetation. *Renew. Energy* 24, 641-645

Prigogine, I., 1980: *From being to becoming: time and complexity in the physical sciences* New York: Freeman.

Ripl, W. 1995: Der landschaftliche Wirkungsgrad als Maß für die Nachhaltigkeit. In: *Umwelt und Fernerkundung*. Wichmann Verlag, 40-52

Ripl, W., 1995: Management of water cycle and energy flow for ecosystem control: the energy-transport-reaction (ETR) model. *Ecol. Modelling* 78:61-76

Ripl, W. et al 1996: Entwicklung eines Land-Gewässer Bewirtschaftungskonzeptes zur Senkung von Stoffverlusten an Gewässer (Stör-Projekt I und II). Im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) und des Landesamtes für Wasserhaushalt und Küsten Schleswig-Holstein. Förderkennzeichen 0339310A und 0339538, Berlin, Februar 1996

Ripl, W. & Wolter, K.-D. 2001: Stoffstrommanagement nach dem Energie-Transport-Reaktions-Modell (ETR-Modell). *Wasser & Boden* 53(10): 4-9

Ripl, W. and Wolter, K.-D., 2002: Ecosystem Function and Degradation. In: Phytoplankton Productivity, Blackwell Wissenschafts Verlag, Berlin. pp 291-317

Ripl, W. 2003: Water: the bloodstream of the biosphere. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* (2003) 358, 1921-1934

Ripl, W. 2004: Endbericht. Funktionale Landschaftsanalyse im Rothwaldgebiet. Im Auftrag der Niederösterreichischen Landesregierung.

Umweltbundesamt (Hrsg.), 1998: Umweltverträglichkeit kleiner Wasserkraftwerke. Zielkonflikte zwischen Klima- und Gewässerschutz. UBA-TEXTE 13/98, ISSN 0722-866X, Berlin Februar 1998

Umweltbundesamt (Hrsg.), 2001: Wasserkraftanlagen als erneuerbare Energiequelle – rechtliche und ökologische Aspekte. UBA-TEXTE 01/01, ISSN 0722-186X, Berlin Januar 2001

Vannote, R.L., G.W. Minshall, K.W. Cummins, J.R. Sedell, and C.E. Cushing, 1980: The River continuum Concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37:130-137

Verordnung über die Erzeugung von Strom aus Biomasse (Biomasseverordnung – BiomasseV) vom 21. Juni 2001

Ward, J.V. and J.A. Stanford, 1983: The serial discontinuity concept of lotic ecosystems. In *Dynamics of lotic ecosystems*, T.D. Fontaine and S.M. Bartell, eds Ann Arbor Science