

Gesellschaftsentwicklung und Belastung von süd-
schwedischen Ökosystemen

Nils Malmer

1. Wenn man über die Belastung von Ökosystemen spricht, muß man zwischen zwei verschiedenen Typen von Belastungen unterscheiden, einerseits die Belastung der Produktion in den Ökosystemen, andererseits die Belastung, die von anthropogenen Verunreinigungen hervorgerufen wird. Der Mensch hat immer die Produktion der Ökosysteme in vielfältiger Weise ausgenutzt. Die heutige Vegetationslandschaft ist über große Areale der Erde hauptsächlich ein Produkt menschlicher Aktivität. Meistens handelt es sich um einen direkten Konsum und damit auch um eine Belastung der Produktion in den Ökosystemen. Das bedeutet natürlich nicht, daß nicht auch andere Teile der Ökosysteme dabei in indirekter Weise beeinflußt worden sind.

Die industrielle und gesellschaftliche Entwicklung hat besonders seit dem Ende des 18. Jahrhunderts immer größere Verunreinigungen mit sich gebracht. Diese anthropogenen Verunreinigungen sind immer größer und größer geworden und bedeuten eine weitverbreitete Belastung von Ökosystemen. Sie können eine Belastung der Produktion bedeuten, meistens aber sind andere Prozesse der Ökosysteme viel mehr beeinflußt und die Einwirkung auf die Produktion hauptsächlich indirekter Natur.

Das Gesagte zeigt auch die enge Beziehung zwischen Belastung von Ökosystemen und der Entwicklung der menschlichen Gesellschaft. Diese enge Beziehung zwischen Gesellschaftsentwicklung und Belastung von Ökosystemen soll hier an

Vortrag, gehalten anläßlich der Tagung der "Gesellschaft für Ökologie", Giessen 1972
Tagungsbericht "Belastung und Belastbarkeit von Ökosystemen"
Anschaff des Verfassers: Prof.Dr.N.Malmer, S-22361 Lund
(Schweden), Östra Vallgatan 14, Dept. Plant Ecology.

Beispielen aus Südschweden etwas ausführlicher diskutiert werden.

2. Die Entwicklung der landwirtschaftlichen Technik bedeutet, daß der Mensch die Vegetationslandschaft und Ökosysteme in solcher Weise beeinflusst, daß ein immer größerer Teil der Produktion für seine Bedürfnisse ausgenutzt werden kann. Pollenstatistisch kann man diesen Vorgang genau verfolgen. Es muß eine über 5.000 Jahre immer größer werdende Belastung der Ökosysteme stattgefunden haben. Der endliche Ertrag ist meistens Nahrung für den Menschen gewesen. Darum ist auch die Belastung genau proportionell zu der Anzahl der in dem Ökosystem lebenden Menschen gewesen.

Die bisher arealmäßig maximale Ausnutzung der Landschaft in dieser Weise wurde in Südschweden am Ende des 19. Jahrhunderts erreicht. Während der letzten 50 Jahre kann man in den Urgesteingebieten eine Vergrößerung der Waldareale registrieren und eine entsprechende Verminderung der Areale von Heiden und Wiesen. In diesen Gebieten wird heute die Produktion der Landschaft mehr auf forstlichen (besonders Nadelwälder) und weniger auf landwirtschaftlichen Ertrag eingerichtet, was einen Zuwachs an Rohstoffen und weniger an Nahrungsmitteln bedeutet. Diese Veränderung der Vegetationslandschaft ist schon pollenstatistisch zu belegen und im Grunde ganz und gar durch die technische und gesellschaftliche Entwicklung bedingt.

Mit diesen Veränderungen in der Produktion der Landschaft folgen auch zahllose andere biologische Veränderungen, besonders im Boden. Es ist z.B. seit langem bekannt, daß eine Bepflanzung mit Fichte eine Versauerung des Bodens bedeutet. Untersuchungen in Schonen haben gezeigt, daß etwa 50 Jahre nach der Pflanzung im Boden durchschnittlich eine Verschiebung um etwa 0,5 pH-Einheiten stattgefunden hat, wenn Fichte auf Buchenwaldboden gepflanzt wird (NIHLGÅRD 1971).

Allerdings scheint auch ein geschlossener Baumbestand bereits Bodenveränderungen mit sich zu bringen. In einem

mit Laubwald bestandenen Naturschutzgebiet DALBY SÖDERSKOG, cf. LINDQUIST 1938) auf lehmigem, kalkreichem Boden in Schonen hat sich der Holzvorrat und die Anzahl der Stämme seit 1918 etwa verdoppelt. In der Krautschicht sind in der selben Zeit etwa 100 Arten verschwunden. pH-Bestimmungen aus dem obersten Bodenhorizont zeigen eine durchschnittliche Versauerung während der letzten 35 Jahre von 7,5 auf 6,5. Dies ist erstaunlich, da solche Böden als besonders stark gepuffert gelten.

Diese Beispiele zeigen, was für durchgreifende Veränderungen die Ökosysteme infolge der heutigen Entwicklung in Technik und Gesellschaft erfahren können. Verschiedene Ausnutzung der Produktion von Ökosystemen sind von größter Bedeutung, wenn man die Belastung von Ökosystemen diskutiert. Man muß sich hier fragen, wie man die Bewaldung der Landschaft ökologisch, und zwar vom Gesichtspunkt der Belastung her auswerten soll. Es bedeutet einen Rückgang zu ursprünglicheren Ökosystemen, aber gleichzeitig auch Bodenveränderungen, die immer als Verschlechterungen angesehen worden sind. Ich denke dabei besonders an die Versauerung und Podsolierung. Was meinen wir in dieser Hinsicht mit Belastung?

3. Was aber den zweiten Typ von Belastungen der Ökosysteme, die anthropogene Verunreinigung betrifft, ist es ganz klar, daß sie immer eine wirkliche Belastung darstellt. Und zwar nicht einen alten Typ, dessen zunehmende Bedeutung man über Jahrtausende verfolgen kann, sondern einen neuen Typ, der sich größtenteils nach der industriellen Revolution entwickelt hat.

Von ökologischen Standpunkten aus wird besonders die Wasserverunreinigungen seit langem diskutiert. Heute kommen dazu auch solche Verunreinigungen, die mit der Luft ("Airborne drift") über große Areale verbreitet werden und dadurch in alle Typen von Ökosystemen auftreten. Die ganze Landschaft, nicht nur die Gewässer, wird so beeinflusst.

Es ist ganz klar, daß die heutige Gesellschaftsentwicklung durch die immer größeren Abwassermengen, die auch immer mehr komplizierte chemische Verunreinigungen enthalten, sehr große Belastungen der Ökosysteme der Gewässer verursacht. Zum Beispiel hat die Vergrößerung des Holztrags in Südschweden einen Ausbau der Zellulosefabriken notwendig gemacht, und große Einheiten davon werden jetzt in Küstennähe ausgebaut. Immer größere Mengen von Süßwasser werden auch in der Großstadtregion im westlichen Schonen verbraucht. Große Mengen von Abwässern werden sowohl aus Schweden als aus Dänemark dem Öresund zugeführt. Die Belastungsfähigkeit der Ostsee ist wegen der speziellen biologischen und chemischen Verhältnisse sicher nicht besonders groß. Dieses Brackwassergebiet ist auf eine niedrige biologische Produktivität eingestellt und beherbergt eine spezialisierte Fauna und Flora. Die Schichtung infolge der hydrologischen Verhältnisse vermindert weiter die Belastbarkeit.

4. In einem Urgesteingebiet wie die südschwedische Seenplatte bedeutet die atmosphärische Zufuhr sehr viel, besonders für die chemischen Verhältnisse der Gewässer. Man kann durchschnittlich damit rechnen, daß bis etwa 80 % der gesamten Ionensumme der Gewässer auf atmosphärische Zufuhr zurückzuführen ist. Das bedeutet aber auch, daß diese Zufuhr von größter Bedeutung für die Bodenentwicklung sein muß. Es stellt sich auch ein chemisches Gleichgewicht zwischen Regenwasser - Boden und Bodenwasser - Dränierungswasser ein. Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung des Regenwassers können in solchen Fällen besonders große Auswirkungen haben. Die Böden und Gewässer sind deshalb wahrscheinlich gegenüber Verunreinigungen sehr wenig belastungsfähig.

In dem, seit THIENEMANN und NAUMANN bekannten Aneboda-Gebiet ist während der letzten 10 Jahre die spezifische Leitfähigkeit etwa um 20 % höher geworden. Während dieser

10 Jahre ist auch der Sulfatgehalt um etwa 50 μMol höher, der Bikarbonatgehalt dagegen durchschnittlich niedriger geworden. Im Mittel können wir in diesem Fall noch nicht eine eindeutige pH-Verschiebung zeigen. Die wenig belastungsfähigen Seen sind jedoch schon deutlich saurer geworden, und der jetzt sehr niedrige Bikarbonatgehalt zeigt, daß wir uns der Belastungsgrenze sehr genähert haben. Wir können diese Veränderungen mit der Vergrößerung der Zufuhr von H_2SO_4 -haltigem Regenwasser, bedingt durch kontinentale und westeuropäische Ölkraftwerke, in Verbindung bringen. Einheimische Quellen sind sicher von geringerer Bedeutung.

5. Analysen von Moosproben, die im Herbar aufbewahrt worden sind, zeigen deutlich, daß in Schonen in den letzten 20 Jahren keine Verdoppelung des Bleianfalls festzustellen ist (RÜHLING & TYLER 1969). Schon Ende des 19. Jahrhunderts gibt es deutliche Indikationen für eine etwas erhöhte Zufuhr an anthropogenen Verunreinigungen.

Heute findet man in Skandinavien die größten Konzentrationen von Blei in *Hylocomium splendens*, besonders in regenreichen, wenig besiedelten Teilen an der schwedischen Westküste und im südlichsten Norwegen. Es sind die selben Gebiete, die besonders von der Schwefelsäure-Zufuhr betroffen sind. Für Schonen kann man mit einer jährlichen Zufuhr von etwa 0,5 kg pro Hektar rechnen (RÜHLING & TYLER 1971). Der Gesamt-Anfall der Provinz beträgt etwa 0,25 kg pro ha, das bedeutet, daß die meisten Quellen weit entfernt sein müssen. Auch das Verbreitungsbild deutet darauf hin.

Diese Analysen sagen aber nichts über die Belastung der Ökosysteme und noch weniger über die Belastbarkeit aus. Schwermetalle werden sehr langsam ausgewaschen, sie reichern sich in toten Pflanzenteilen und Streu an, kommen jedoch auch in lebenden Pflanzen vor (NILSSON 1972, TYLER 1972). Dies bedeutet einen Typ von Belastung der Ökosysteme, der nicht auf die Produktion, sondern auf die ebenso wichtige Zersetzungsprozesse einwirkt. Experimentelle Befunde zeigen deutlich,

daß die Zersetzungsgeschwindigkeit der Streu niedriger ist, wenn sie Schwermetalle enthält, besonders wenn verschiedene Metalle kombiniert werden. Wahrscheinlich hat die H_2SO_4 -Verunreinigung die selbe Wirkung. Eine solche Verminderung der Zersetzungsgeschwindigkeit bedeutet früher oder später auch eine Verminderung der Produktivität im Walde, damit einen abnehmenden Ertrag und ist somit von ökologischer und daneben auch sehr großer ökonomischer Bedeutung. Für ein großes Ölkraftwerk im südlichen Norwegen hat man einen Kapitalverlust von etwa 50 Mill. Kronen errechnet. Für Schweden beziffert man die jährlichen Produktionsverluste, die durch die H_2SO_4 -Zufuhr bedingt werden, auf mindestens 500 Mill. Kronen. Die Unterlagen für diese Berechnung sind zwar nicht vollständig, sie zeigen aber, wie groß diese Probleme wirklich sind. Man muß an dieser Stelle daran erinnern, daß diese Probleme noch vor 15 Jahren kaum existierten.

6. Die weitere industrielle und gesellschaftliche Entwicklung kann man mit dem berechneten Energiebedarf illustrieren. Es gibt in Südschweden heute sechs neugebaute Kraftwerke, davon fünf Ölkraftwerke. Für den Energiebedarf im Jahre 2000 braucht man noch 6 - 12 weitere. Dieselbe Entwicklung ist im übrigen Westeuropa zu erwarten. Vertragen die Ökosysteme Europas die Belastungen, die eine solche Entwicklung mit sich bringt? Nach meiner Ansicht muß diese Frage mit einem eindeutigen "Nein" beantwortet werden.

Literatur: LINDQUIST, B.: Acta phytogeographica suecica 10, 1-273 (1938). NIHLGÅRD, B.: Oikos 22, 302-314 (1971). NILSSON, I.: Oikos 23, 132-136 (1972). RÜHLING, A. & G. TYLER: Botaniska Notiser 121, 321-342 (1968). -- : Journal of Applied Ecology 8, 497-507 (1971). TYLER, G.: Ambio 1, 52-59 (1972).