

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 144 (1993)
Heft: 1

Artikel: Klimaänderungen : Herausforderung zur Walderhaltung
Autor: Tranchet, Christophe / Fürst, Ernst / Stadler, Bruno
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-767075>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 18.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Klimaänderung: Herausforderung zur Walderhaltung

Ein forstpolitischer Diskussionsbeitrag

Von *Christophe Tranchet, Ernst Fürst, Bruno Stadler, Richard Volz*
und *Christoph Zahn*

FDK 111.83: 181: 48: UDK 551.583

1. Einleitung

(*Christophe Tranchet*)

Vor rund zehn Jahren begannen sich in der Schweiz die Kreise der Wald- und Holzwirtschaft wie auch der übrigen Politik auf breiter Basis mit dem Phänomen «Waldsterben» auseinanderzusetzen. In der Zwischenzeit spricht man von «neuartigen Waldschäden». Die rasante Verschlechterung der Schadensituation ist nicht eingetreten, und die Politik hat sich «aktuelleren» Themen zugewandt. Die Forstwissenschaft kann bis dato keine gesicherten Aussagen aus Experimenten ableiten. Dem Forstdienst, den Waldbesitzern und der Forschung wird vorgehalten, in den achtziger Jahren die Gunst der Stunde genutzt zu haben und aufgrund eines Phantoms Millionen von Franken auf ihre Mühlen umgeleitet zu haben.

Auch nach zehn Jahren bleibt heute der Eindruck bestehen, dass in weiten Teilen der Wälder auf der nördlichen Erdhalbkugel «etwas nicht mehr stimmt»! Seit 1985 liefert die jährliche Waldschadeninventur vergleichbare Resultate. Aufgrund der registrierten Zunahme der Kronenverlichtungen, die Anlass zu grundsätzlicher Besorgnis gibt, muss eine ungünstige Veränderung des gesamten Ökosystems Wald angenommen werden. Eine endgültige Erklärung, was im Gange ist und welche Ursachen dahinter stehen, dürfte sehr schwierig oder beinahe unmöglich sein.

Zieht man im vergleichenden Sinne Fragen zur Kausalität aus der Humanmedizin bei, so kann man feststellen, dass beispielsweise auch die Krebs-, Rheuma-, Multiple Sklerose-Forschungsprogramme nach Jahrzehnten noch heute keine eindeutig kausalen Ursachen-Wirkungs-Beziehungen ergeben haben.

Wir haben uns darauf einzustellen, dass auch in den Naturwissenschaften immer mehr Risiken «abgeschätzt» werden müssen, die mit einer bestimmten

Wahrscheinlichkeit eintreten können. Dazu müssen bestehende Methoden aus anderen Fachdisziplinen auf ihre Übertragbarkeit geprüft (zum Beispiel die Differentialdiagnose oder die Epidemiologie aus der Medizin) oder neu entwickelt werden.

In diesem Sinne stehen die folgenden Absichten zur Frage nach möglichen Risiken einer Klimaänderung und deren Auswirkungen auf den Wald im Vordergrund:

- Aktualisierung des Kenntnisstandes, mit grundsätzlichen Überlegungen und soweit möglich mit Fakten belegt, unter Vernachlässigung von Einzelheiten;
- Aufzeigen offener Fragen;
- Transparentmachen der Zielvorstellungen der Eidg. Forstdirektion.

2. Klimatologische Grundlagen

(Richard Volz)

2.1 Was ist der Treibhauseffekt?

Die Atmosphäre hat für den Wärmehaushalt der Erde eine ähnliche Wirkung wie ein Treibhaus. Die kurzwellige Strahlung der Sonne kann nahezu ungehindert zur Erdoberfläche durchdringen und sie erwärmen. Bestandteile der Atmosphäre (insbesondere Kohlendioxid und Wasserdampf) halten die durch die Erwärmung verursachte langwellige Ausstrahlung zurück. Auf diese Weise wird in der Atmosphäre Wärme gespeichert. Ohne die Atmosphäre wäre die globale Mitteltemperatur um 33 °C niedriger. Die Vermehrung gewisser Treibhausgase (CO₂, Methan, N₂O, FCKW, bodennahes Ozon) durch menschliche Aktivitäten (*Tabelle 1*) führt zu einem zusätzlichen, anthropogen verursachten Treibhauseffekt.

Tabelle 1. Veränderung einiger Treibhausgase durch anthropogenen Einfluss (IPCC, 1990).

	<i>Aktuelle Konzentration</i>	<i>Jährliche Zunahme</i>
Kohlendioxid	353 ppm	1,8 ppm
Methan	1,72 ppm	0,015 ppm
Distickstoffoxid	310 ppb	0,8 ppb

Die Wissenschaft versucht mit grossem Aufwand, die Auswirkungen des anthropogenen Treibhauseffektes zu berechnen. Sie verwendet dazu globale Zirkulationsmodelle (GCM), die aus dem Strahlungshaushalt die allgemeine

Zirkulation der Atmosphäre modellieren. Die vielen möglichen Austauschvorgänge und Rückkoppelungsmechanismen sind aber nur unvollständig bekannt und können auch nur unvollständig in die Modelle einfließen. Deren Ergebnisse decken sich nicht in allen Teilen. Einigkeit besteht darin, dass die Anreicherung der Treibhausgase durch anthropogene Emissionen grundsätzlich einen Treibhauseffekt zur Folge hat. Die grösste Akzeptanz hat heute die Aussage, dass die globale Temperatur bei einer Verdoppelung des CO₂-Gehaltes um etwa 2,5 °C zunehmen wird (*IPCC*, 1990). Dies dürfte bei unverändertem Ausstoss von Treibhausgasen bis spätestens Mitte des nächsten Jahrhunderts erreicht sein. Hingegen lassen sich anhand der Modelle kaum Aussagen über die regionalen Auswirkungen der berechneten Klimaänderung machen. Auch über die Veränderung des Niederschlagshaushaltes, das Auftreten von Trockenperioden, Stürmen oder ähnlichem erhalten wir keine zuverlässige Auskunft.

Allerdings gibt es auch Autoren, welche die Aussagen der Modelle grundsätzlich in Frage stellen. Sei es, weil sie Rückkoppelungsmechanismen (zum Beispiel durch Wolkenbildung) anders gewichten, sei es, weil sie davon ausgehen, dass das Klima viel stärker von möglichen astronomischen Veränderungen (zum Beispiel der Sonnenstrahlung) geprägt wird (vgl. zum Beispiel *Windelius, Tucker*, 1990).

2.2 Aktuelle Anzeichen einer Klimaänderung

Zahlreiche Autoren haben Messreihen der Temperatur analysiert (zum Beispiel *Auer et al.* in *Kolb et al.*, 1991, *Müller-Westermeier*, 1992). Bisher konnten daraus weder global noch regional eindeutige Folgerungen gezogen werden. Die Frage bleibt kontrovers, ob sich im Gang der Temperaturdaten wirklich eine Wirkung des anthropogenen Treibhauseffektes zeigt. Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass andere Einflüsse, wie zum Beispiel die aktive vulkanische Tätigkeit der letzten Jahre, der Erwärmung entgegenwirken (*Windelius, Tucker*, 1990; *Endlicher*, 1992).

Zu einem eindeutigen Schluss kommen dagegen *Flohn et al.* (1992). Sie richten ihr Augenmerk nicht zuerst auf die Temperatur an der Oberfläche, sondern auf die Temperatur der Troposphäre, wo sie im Höhenbereich von 1,5 bis 9 km eine Erwärmung feststellen. Die Verfasser haben umfangreiches Datenmaterial aus den tropischen Ozeanen ausgewertet und damit die Kausalität dieser Erwärmung zeigen können. Im Zeitraum von 1949 bis 1989 wurden in der Zone 10 °S bis 14 °N bedeutungsvolle Veränderungen gemessen.

Die Verdunstung hat von durchschnittlich 142 auf 163 cm pro Jahr zugenommen. Dies entspricht einer Erhöhung des Energie-Inputs in die Atmosphäre um 18 W/m². Extrapoliert auf den ganzen Globus errechnen die

Autoren eine durchschnittliche Erhöhung um 13 W/m^2 . Sie erklären dies als einen internen Feed-back des Treibhauseffektes und bezeichnen den Wasserdampf als das effektivste Treibhausgas. Der Treibhausgaseffekt auf Grund der anthropogenen Emissionen wird demgegenüber auf rund 2 W/m^2 berechnet.

Tabelle 2. Veränderung einiger Ozean-Atmosphäre-Parameter von 1949 bis 1989; zonale Jahresmittel zwischen 10°S und 14°N , abgeleitet aus einer linearen Regression (aus Flohn *et al.*, 1992).

<i>Parameter</i>	<i>Veränderung</i>
Oberflächentemperatur des Wassers	+ 0,5 K
Verdunstung	+ 15,8 %
Windgeschwindigkeit	+ 15,1 %

Der grössere Energieeintrag aus den tropischen Meeren führt zu einer Destabilisierung der darüberliegenden Troposphäre und zu einem grösseren Gegensatz zwischen tropischen und polaren Luftmassen. Als Folge davon wird die Zirkulation in den mittleren Breiten intensiviert, und zwar vor allem im Winter. Eine Analyse der Wetterkarten von 1967 bis 1988 zeigt für unseren Raum im Winter einen Druckanstieg über West- und Zentraleuropa und eine Verstärkung des Island-Tiefs. Die Häufigkeit, mit der im Winterhalbjahr der Kerndruck des Island-Tiefs unter 990 hPa fällt, ist von 1967 bis 1989 von 18 auf 27 % gestiegen. Als unmittelbare Folge davon nimmt im Winterhalbjahr einerseits die Sturmtätigkeit über dem Atlantik zu, andererseits führt dies zu milderem Wintern in Mitteleuropa während in den mediterranen Winterregengebieten vermehrt Trockenperioden auftreten.

Dieses Ergebnis der Arbeit von Flohn *et al.* (1992) zeigt einen anderen Trend als die Modelle erwarten lassen. Diese sehen einen Temperaturanstieg in den hohen Breiten vor, währenddem hier festgestellt wird, dass die Erwärmung in der tropischen Troposphäre am grössten ist und etwa 1°C beträgt. Ab etwa 40° Breite nimmt sie ab und sinkt gegen die Pole hin auf Null ab. Damit bleibt einmal mehr eine grosse Unsicherheit über die konkrete zukünftige Entwicklung bestehen. Flohn hält allerdings in einem persönlichen Kommentar fest, dass man mit Massnahmen nicht zuwarten darf, denn Veränderungen seien bereits im Gange: «Sie werden zu guter Letzt zu irgendwelchen extremen Wetterereignissen ausserhalb unserer Vorstellung führen.»

3. Zusammenwirken von Klima und Forstschutz

(Bruno Stadler, Richard Volz)

3.1 Mögliche Auswirkungen durch Klimaereignisse

In Übereinstimmung mit den Schlussfolgerungen von Flohn *et al.* (1992) stellt man heute weltweit ein zunehmendes Ausmass von Schäden durch Katastrophenereignisse der letzten Jahrzehnte fest (*Münchener Rückvers.ges.*, 1991). Diese Tendenz ist auch aus den Schadholzmengen im Schweizer Wald im Laufe dieses Jahrhunderts erkennbar (*Abbildung 1*). Das ist aber kein Beweis dafür, dass sich die Klimaänderung auswirkt. Viele andere Faktoren (zum Beispiel höhere Sachwerte oder das Vordringen in gefährdete Regionen) wirken sich in gleichem Sinne aus. Hingegen dürfte deutlich werden, in welcher Richtung die Entwicklung geht.

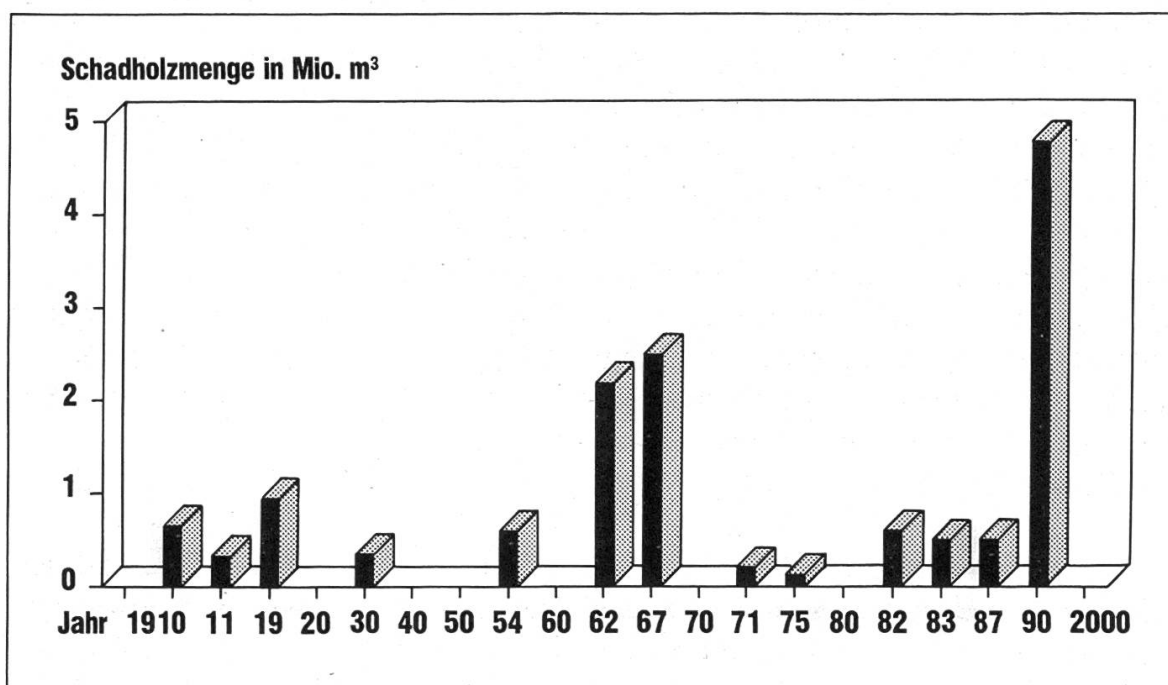


Abbildung 1. Grosse Waldschäden in der Schweiz von 1900 bis 1990, verursacht durch Sturm und Schnee (aus Wandeler, Günter, 1991).

Ein verändertes Klima kann sich direkt oder indirekt über das Biotop (Standort) bzw. das Biozön (Wirt, Antagonisten usw.) auf den Einzelbaum, den Bestand, auf Populationen und Lebensgemeinschaften auswirken. Direkte Auswirkungen können in Waldbränden, Trockenheits- und Frostschäden sowie in Windwurf und Schneedruck erkennbar werden, indirekte Folgen über Bodenbildung, Nährstoffverfügbarkeit und Entwicklung von Krankheiten und Schädlingen (*Hostettler*, 1991). *Pfister et al.* (1988) haben vergangene Schadenereignisse im Schweizer Wald im Hinblick auf ihre Bezie-

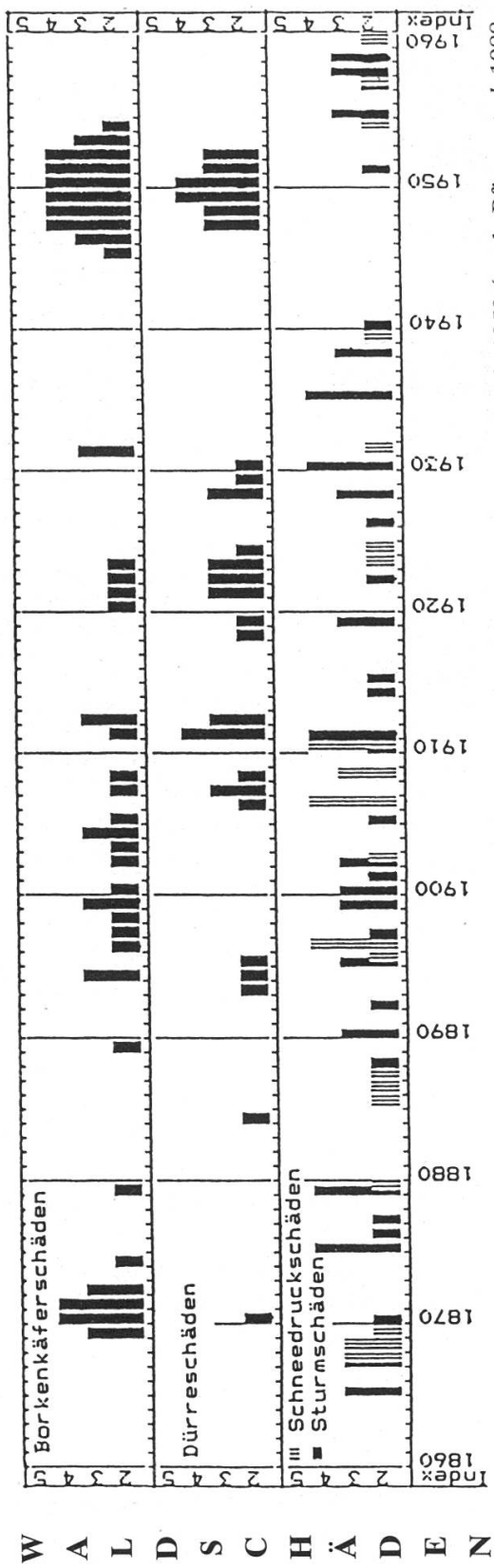
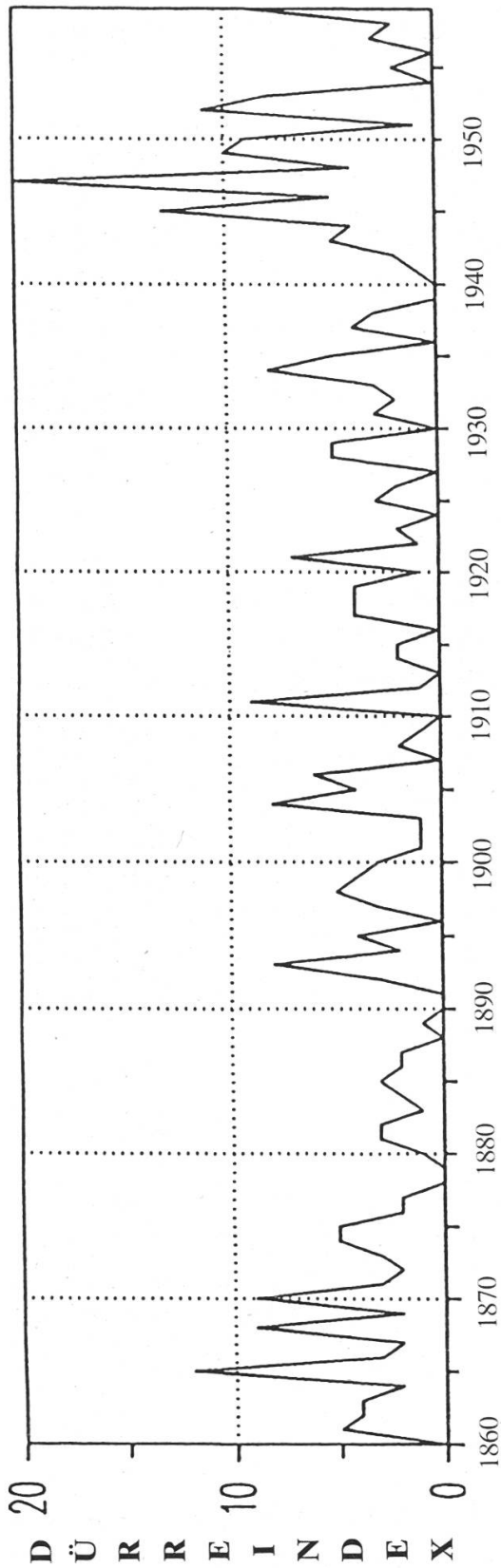


Abbildung 2. Dürre-Index und Waldschäden im bernisch-solothurnischen Mittelland von 1860 bis 1959 (nach Pfister et al. 1988, aus Volz, 1990). Dürre-Index: semiquantitativ bestimmte Grösse aus historischen Klimaaufzeichnungen. Die Indices der verschiedenen Waldschäden umfassen einen Wertebereich von 1 (schwache, lokale Schäden) bis 5 (verbreitetes Absterben von Bäumen). Der Übersichtlichkeit wegen sind nur Indices ≥ 2 eingezeichnet.

hung zum Klima untersucht. Es wird der Schluss gezogen, dass Schäden häufiger abiotisch verursacht werden als biotisch. Darüber hinaus haben biotische Schäden häufig auch eine mitverursachende abiotische Komponente im Hintergrund, wie zum Beispiel Borkenkäferschäden als Folge von Trockenheit oder Sturm (vgl. *Abbildung 2*).

Die Arbeit von Pfister *et al.* (1988) zeigt im besonderen, dass die Häufung von Dürrejahren von 1945 bis 1950 in den letzten 500 Jahren einmalig ist.

Auch seither trat kein derart angespannter Wasserhaushalt mehr auf. Es wird auch deutlich, dass Wärme und Trockenheit allein oder Sturmschäden allein kaum zu Borkenkäferkalamitäten führen (zum Beispiel 1935). Eine Ausnahme bildet einzig die zweite Hälfte der vierziger Jahre. Sonst brauchte es das Zusammenwirken beider Faktoren. Die Borkenkäferprobleme in den Jahren 1983, 1990 und 1991 fügen sich gut in den dargelegten Zusammenhang ein.

Trotz gewisser Hinweise können wir nicht voraussagen, ob und wie sich die Häufigkeit und die Intensität solcher Ereignisse verändern wird. Bessere Grundlagen können wir von den laufenden nationalen (Nationales Forschungsprogramm 'Klimaänderung und Naturkatastrophen', Schwerpunktprogramm Umwelt) und internationalen (zum Beispiel COST 614 'Impact of elevated CO₂ levels and air pollutants on tree physiology') Forschungsprogrammen erwarten. Man sollte sich aber schon jetzt darauf einstellen, dass sich eine Klimaänderung nicht einfach in einer mehr oder weniger rasch ablaufenden Erwärmung auswirken wird. Aus forstlicher Sicht muss insbesondere ein grösseres Risiko im Bereich des Forstschatzes auch durch biotische Schäden im Auge behalten werden (Halbwachs *et al.* in Kolb *et al.*, 1991).

3.2 Mögliche Auswirkungen durch Organismen

Um die Auswirkungen einer Klimaänderung auf die Intensität der Schäden durch Organismen abschätzen zu können, sollten ihre möglichen Einflüsse auf einzelne Elemente der Wirt-Schadorganismus-Beziehung, wie sie in *Abbildung 3* dargestellt sind, untersucht werden.

Im folgenden sollen mögliche Wirkungen einer Klimaänderung auf den Wirt (Baum, Bestand, Population), auf Organismen und auf die Wirt-Organismus-Beziehung aufgezeigt werden, wobei zwischen bekannten Fakten und Hypothesen unterschieden werden soll.

3.2.1 Wirkungen auf den Wirt (Baum, Bestand, Population)

Die meisten Erkenntnisse über allfällige Wirkungen von Klimafaktoren auf Waldbäume oder Waldbestände stammen aus ökologischen und öko-physiologischen Untersuchungen, die nicht spezifisch darauf ausgelegt waren, Auswirkungen einer Klimaänderung zu untersuchen. So ist zum Beispiel

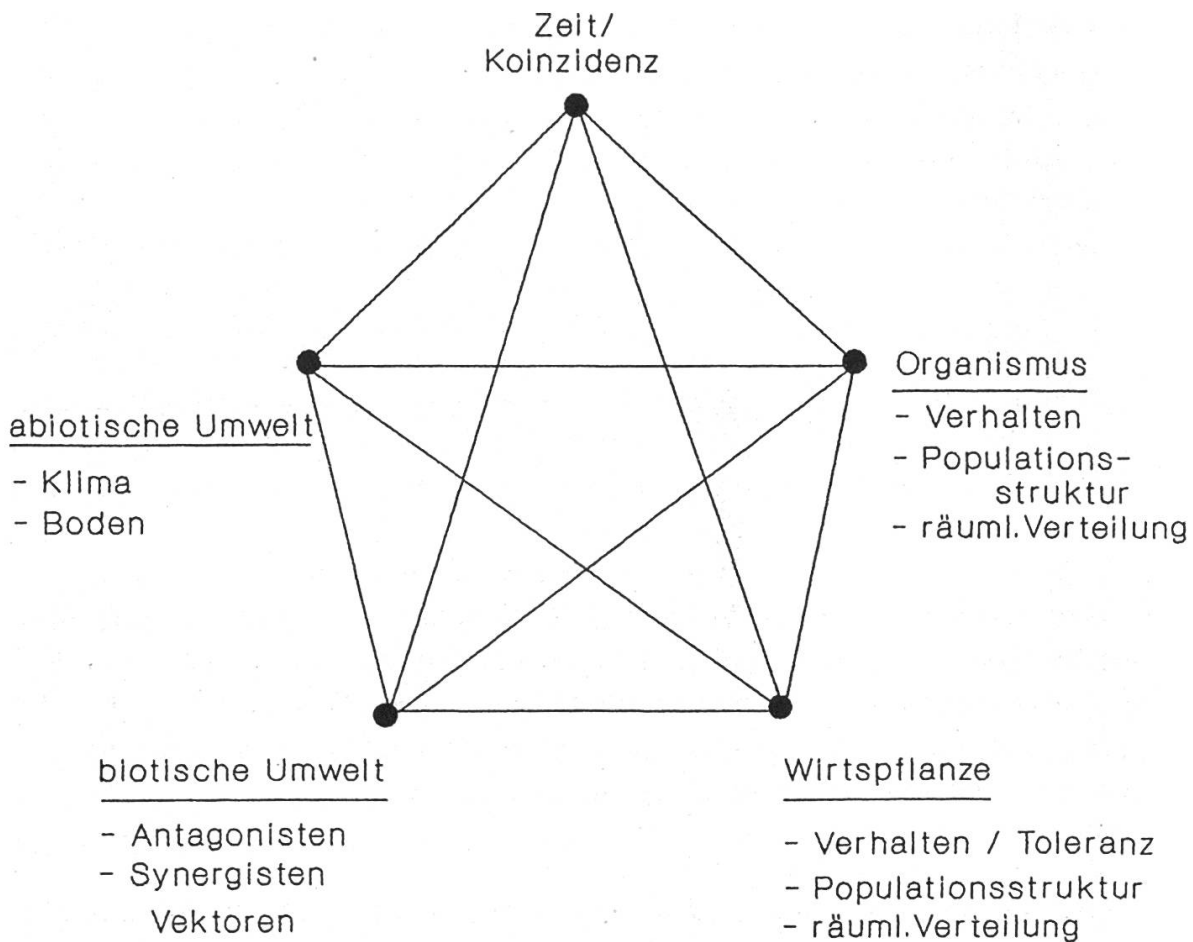


Abbildung 3. Beziehung Wirt-Schadorganismus.

bekannt, dass die Temperatur, die Feuchte oder die CO_2 -Konzentration direkt den Metabolismus der Pflanzen beeinflussen (Gäumann, 1951) und Änderungen der Zellinhaltsstoffe auslösen können (Polle et al., 1992). An Waldbäumen konnte beobachtet werden, dass Trockenstress zur Freisetzung von Aminosäuren führte (Barbosa, Schulze, 1987). Ferner ist bekannt, dass eine Änderung des CO_2 -Gehaltes der Umgebungsluft bei Pflanzen eine Verschiebung des C/N-Verhältnisses hervorrufen kann (Wagner, 1990). Neben physiologischen Veränderungen beim Wirt beeinflussen die Klimafaktoren auch dessen morpho- und ontogenetische Entwicklung. So besteht zum Beispiel ein linearer Zusammenhang zwischen Wachstum und Sommertemperatur bei *Pinus sylvestris* (Cannell et al., 1989). Ferner bestimmen Temperatur und Niederschläge die Länge der Vegetationsperiode. Nach Mayer (1992) sind die Klimafaktoren neben den edaphischen Faktoren mitbestimmend für die physiologische Amplitude der Baumarten. Auf Stufe Bestand ist bekannt, dass die Temperatur und die Feuchte, wie auch das Klima insgesamt, einen wesentlichen Einfluss auf die Dynamik bzw. die Amplitude der Stoffkreisläufe von Waldökosystemen und auf die Bestandesdynamik haben (Gregor, 1992).

Abgeleitet aus Erkenntnissen der ökologischen und ökophysiologischen Forschung vermuten verschiedene Autoren, dass eine Klimaänderung insgesamt zu einer Verschiebung der Vegetationszonen führen könnte. Dabei wird angenommen, dass sich die Verschiebung 1,5 bis 10 mal schneller abspielen könnte als die heute bekannte potentielle Ausbreitungsgeschwindigkeit der Baumarten (*Fabian, 1991*). Auch das Konkurrenzverhalten der Waldbäume könnte beeinflusst werden (*Roloff, 1992*). Diverse Autoren befürchten eine Veränderung der Artenverteilung durch Migration, Fragmentierung oder Isolation von Arten (*Layser, 1980*). Dadurch würde eine Veränderung der aktuellen Populationsstrukturen oder der Areale von Waldgesellschaften stattfinden (*Roloff, 1992, Mayer, 1992*). Ferner befürchtet man eine Veränderung der Stabilität und der Dynamik der Bestände (*Müller-Dombois, 1992*). Zur Abschätzung möglicher Wirkungen einer Klimaänderung auf die Waldareale werden zur Zeit weltweit verschiedene Modelle zur Waldentwicklung (*Kienast, Kräuchi, 1992*) verwendet, die wegen der stark vereinfachten Modellansätze den komplexen Wechselwirkungen nur beschränkt Rechnung tragen. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass eine grosse Unsicherheit in bezug auf direkte Auswirkungen einer möglichen Klimaänderung auf Waldbäume und Waldökosysteme (*Hostettler, 1991*) besteht.

3.2.2 *Wirkungen auf den Organismus*

Wie beim Wirt bzw. bei der Wirtspopulation beeinflussen die Klimafaktoren auch den Metabolismus, die Entwicklung, die Populationsdynamik und das Verhalten der Schadorganismen (*Schwertfeger, 1981*). So ist zum Beispiel bekannt, dass Temperatur und Feuchte bei Entwicklung, Verhalten und Massenwechsel von Forstinsekten eine zentrale Rolle spielen (*Dix et al., 1990*). So können Insekten je nach Wärmeregime innerhalb weniger Jahre bis zu 700 km nach Norden oder Süden migrieren (*Kozar, Nagy, 1986*). Auf Grund der aktuellen Erkenntnisse über Schadorganismen wird zum Beispiel vermutet, dass durch eine Klimaänderung die Generationsdauer, die Populationsdynamik (*Safranyik, Shore, 1992*), das Verbreitungsareal von Schadorganismen und damit das Spektrum bzw. die relative Häufigkeit von Forstinsekten ändern könnten (*Layser, 1980*). Es wird angenommen, dass das Diapauseverhalten von Forstinsekten sich umbilden und dadurch die Synchronisation innerhalb von Insektenpopulationen und zwischen Insekten und Wirt ändern könnte.

3.2.3 *Wirkungen auf die Wirt-Schadorganismus-Beziehung*

Eine Klimaänderung könnte auf verschiedenen Ebenen eine Veränderung von Art, Intensität, Frequenz und geographischem Auftreten von Waldschäden, verursacht durch Organismen auslösen (*Sinha, 1991*). Zum einen könnte eine Änderung der Amplitude und der Frequenz von Klimaereignissen die Forstschutzsituation beeinflussen. Verschiedene Untersuchungen zeigen,

dass Klimaereignisse wie Trocken-/Niederschlagsperioden, Frost oder Sturm oft auslösende Faktoren für Massenwechsel von Schadorganismen sind (Berryman, 1986), indem sie die Wirtsbäume schädigen bzw. für die Schadorganismen attraktiver machen (Veränderung der Nährstoffgehalte) oder die Entwicklung der Schadorganismen begünstigen. Zum andern könnten die Klimaänderungen ganz andere Verbreitungsmuster der Areale von Baumarten oder Organismen bzw. neue Verteilungsmuster von Bestandes- und Populationsstrukturen bewirken. Der zentrale Faktor für das Auftreten von Schäden durch Organismen ist aber das räumliche und zeitliche Zusammentreffen (Koinzidenz) der Klimaereignisse, des Wirtsangebotes bzw. Wirtszustandes, des jeweiligen Schadorganismus bzw. der jeweiligen Schadorganismenpopulation und anderer Faktoren (zum Beispiel Antagonisten). Eine allfällige Klimaänderung würde über die oben postulierten Veränderungen dieses Zusammentreffens qualitativ (mögliche Wirt-Schadorganismen-Systeme) und quantitativ verändern. So würde zum Beispiel die Zeitperiode, während der allfällige Wirtsstadien und Schadorganismen gleichzeitig auftreten, beeinflusst.

Ein zweiter entscheidender Faktor bezüglich der möglichen Auswirkungen auf die Wirt-Schadorganismus-Beziehung ist die Anpassungsfähigkeit der beiden Partner. Wichtig ist zu erwähnen, dass sich Wirt-Schadorganismus-Beziehungen oft über eine längere Zeitperiode entwickelt und aufeinander abgestimmt haben (Koevolution). Die eingangs postulierte Klimaänderung würde hingegen im Vergleich dazu sehr schnell ablaufen. Eine allgemeine Beurteilung der Anpassungsfähigkeit der einzelnen Partner (Baum/Bestand-Schadorganismus) zeigt, dass durch die lange Generationszeit der Bäume ihre Anpassungsgeschwindigkeit und dadurch ihre Reaktionsmöglichkeit gegenüber Veränderungen im Vergleich zu den Schadorganismen deutlich eingeschränkt ist (Thomasius, 1991). Ferner zeigt sich, dass viele Schadorganismen, insbesondere Insekten, auf Grund der besseren Migrationsfähigkeit räumlich schneller auf fördernde oder hemmende Klimaeinflüsse reagieren können. Inwieweit sich diese unterschiedliche Reaktionsfähigkeit in einer veränderten Forstschutzsituation niederschlagen könnte, müsste für einzelne Wirt-Schadorganismus-Systeme detailliert diskutiert werden.

Unter Annahme der eingangs beschriebenen Klimaänderung wurde bei verschiedenen Wirt-Schadorganismen-Systemen Nordamerikas versucht, allfällige Veränderungen abzuschätzen (Anderson, 1990, Hedden, 1988). Die dabei gewonnenen Erkenntnisse sind sehr allgemeiner Natur und mit grossen Unsicherheiten behaftet. Für den europäischen Raum fehlen ähnliche Untersuchungen wegen den unsicheren und regional nicht anwendbaren Klimaprognosen. Auf Grund der Untersuchungen von Klimetzek (1992), der nachwies, dass bei den europäischen Forstinsekten mehr Generalisten als Spezialisten auftreten (Ausnahme Fichte und Föhre), kann angenommen werden, dass in Europa ein beträchtliches Potential an anpassungsfähigen Organismen

vorhanden ist. Verschiedene Autoren bezweifeln zu Recht, ob auf Grund des heutigen Erkenntnisstandes solche Abschätzungen überhaupt gemacht werden können (Wagner, 1990). Auch die Analyse der Waldschäden der letzten Jahrzehnte und der Vergleich der aktuellen Forstschutzsituation mit historischen Daten (Pfister *et al.*, 1988) ergeben keine Hinweise darauf, dass sich die Schäden durch Organismen bezüglich ihres Ausmasses und der Häufigkeit ihres Auftretens grundsätzlich verändert haben (vgl. *Abbildung 2*). Allfällige Unterschiede oder Veränderungen lassen sich auf kurzfristige Klimaereignisse oder auf die inhomogene Informationsbasis zurückführen.

3.2.4 Massnahmen im Forstschutz

Für uns stellt sich die Frage, welche Massnahmen postuliert und trotz aller bestehenden Unsicherheiten im Sinne einer Vorsorge ergriffen werden sollten. Für den Bereich Forstschutz wurden im Zusammenhang mit der Diskussion über die mögliche Klimaänderung der Aufbau von Monitoringsystemen zur Beobachtung der Dynamik, des Gesundheitszustandes und des Verhaltens der Waldökosysteme, insbesondere auch zur Beobachtung des Verhaltens von Waldbeständen bei Katastrophenereignissen (Mayer, 1992, Roloff, 1992, *Thomasius*, 1991, Anderson, 1990), die Überwachung von Indikatorarten/-beständen (zum Beispiel Urwaldgebiete) (Roloff, 1992) und – als Grundvoraussetzung – das Beibehalten der Intensität der Forstschutzmassnahmen (*Thomasius*, 1991) gefordert. Entsprechend diesen Postulaten wird in den USA seit 1990 ein erweitertes Überwachungsprogramm allfälliger Veränderungen zur frühzeitigen Erfassung durchgeführt (*Hertel, Souto*, 1991). Im Sinne einer Vorsorge sollte in der Schweiz die Intensität der Forstschutzmassnahmen beibehalten und ihre Finanzierung sichergestellt werden. Die bestehenden Überwachungstätigkeiten müssen unterstützt bzw. intensiviert werden (zum Beispiel Tätigkeiten des Phytosanitären Beobachtungs- und Meldedienstes an der WSL, Waldschadeninventur usw.). Ferner sollte ein Netz von Dauerbeobachtungsflächen als Entscheidungs- und Beurteilungsbasis für die Durchführung von Forstschutzmassnahmen bzw. für die Interpretation der Daten aus der Überwachungstätigkeit angelegt werden.

4. Mögliche Massnahmen bei der Waldverjüngung

(Ernst Fürst)

Grundsätzlich sind alle Massnahmen zu begrüßen, die zu einer Erhöhung der individuellen Widerstandsfähigkeit und der ökologischen Stabilität führen, zum Beispiel durch den Abbau von Stressfaktoren. Hostettler (1991) rechnet insbesondere die standortgerechte Baumartenwahl, die Berücksichtigung der Provenienzen, den Aufbau von Mischbeständen und die Stabilitäts-

pflege zu diesen Massnahmen. Sie werden durch Massnahmen zur Erhaltung der genetischen Vielfalt ergänzt. Im folgenden soll kurz auf die Wahl standortgerechter Baumarten und die Erhaltung der Biodiversität eingegangen werden.

Die Meinungen der Experten hinsichtlich der Wahl standortgerechter Baumarten und Herkünfte klaffen aufgrund der ungewissen Zukunft weit auseinander. Die einen sind auf der Suche nach anpassungsfähigen Herkünften, die anderen prognostizieren das Verschwinden bestimmter Baumarten und denken an deren Ersatz. Aufgrund von Modellrechnungen wird vermutet, dass verschiedene Waldgesellschaften in der Schweiz je nach Klimabedingungen starken Änderungen unterworfen sein werden. «Föhrenwaldgesellschaften des Wallis zum Beispiel, die bereits unter heutigem Klima am Rande der ökologischen Existenz sind, werden unter erhöhtem Evaporationsstress höchstwahrscheinlich von anderen Gesellschaften abgelöst» (Kienast, Kräuchi, 1992).

Ähnliche Überlegungen werden von *Schmidt-Vogt* (1991) für die Fichte angestellt. Ungünstige Auswirkungen wären zuerst am südlichen Rand des natürlichen Verbreitungsgebietes der Fichte zu spüren. Beim Anbau der Fichte sei eine ausreichende Wasserversorgung umso wichtiger, je weiter der Standort vom klimatischen Optimum entfernt liege. Nach *Thomasius* (1991) sind Fichtenbestände bei einem Temperaturanstieg um 2 °C gefährdet, wenn der Anbauort schon heute eine Mitteltemperatur von mehr als 7 °C aufweist und die Niederschläge unter 800 Millimeter liegen. Grosse Teile des schweizerischen Mittellandes liegen in der Obst-Ackerbau-Stufe mit einer Jahresmitteltemperatur von 8 bis 9,5 °C (*EJPD*, 1977). Die Niederschläge belaufen sich auf 800 bis 1100 Millimeter pro Jahr. Eine Klimaerwärmung dürfte die Fichten im schweizerischen Mittelland unter erheblichen Stress setzen. Besonders in den niederschlagsarmen Gebieten im Regenschatten des Juras und des Randens sowie auf durchlässigen Schotterböden dürfte in Zukunft der Anbau der Fichte noch problematischer werden als bisher.

Ein Ausweichen auf Pionierbaumarten und auf wärmebedürftige Gehölzarten, wie es verschiedene Autoren empfehlen (*Roloff*, 1992; *Schreyer*, 1991; *Thomasius*, 1991), ist kritisch zu prüfen. Auch wärmebedürftige Gehölzarten, die an die heutigen Standortbedingungen optimal angepasst sind, dürften in 50 Jahren einem wesentlich wärmeren Klima ausgesetzt sein. Wie sie auf diese raschen Umweltänderungen innerhalb der halben Umtriebszeit reagieren werden, lässt sich nur schwer abschätzen. Es ist deshalb nicht erstaunlich, dass einzelne Autoren verschiedenen einheimischen Baumarten künftig wenig Chancen einräumen. So vergleicht Professor *Klötzli* von der ETH Zürich das vom Treibhauseffekt beeinflusste Schweizer Wetter des nächsten Jahrhunderts mit den Klimabedingungen im Norden der japanischen Hauptinsel Honshu. «Den laubabwerfenden Bäumen im Mittelland gibt der Botaniker *Klötzli* unter solchen Umständen keine Chance» (*Anonym*, 1990).

☀ Eine hohe Biodiversität – das heisst eine hohe Anzahl verschiedener genetischer Typen innerhalb einer Art, zwischen Arten oder zwischen Ökosystemen – ist für langlebige Waldbäume besonders wichtig, damit sie sich an ändernde Umweltbedingungen anpassen können. Die Biodiversität wird weltweit eingeschränkt, indem die genetischen Ressourcen übernutzt und zerstört werden. In den industrialisierten Ländern wird dieser Prozess vor allem wegen des hohen Lebensstandards durch die Verdrängung natürlicher Lebensgemeinschaften oder deren Ersatz durch künstliche Lebensgemeinschaften ausgelöst, in den Entwicklungsländern dagegen durch die Bevölkerungsexplosion und die damit verbundene Übernutzung von Ressourcen. Die extremste Form ist die Vernichtung ganzer Lebensräume (zum Beispiel Tropenwald). Neben der Belastung der Umwelt durch den Menschen können auch biotische (zum Beispiel Ulmensterben) und abiotische Faktoren (zum Beispiel Klima) die Biodiversität einschränken.

Zur Erhaltung der Biodiversität sollte an der Philosophie der nachhaltigen Nutzung des Schweizer Waldes im weitesten Sinne und an der Förderung des naturnahen Waldbaus (natürliche Verjüngung) festgehalten werden. Sie steht im Einklang mit Resolutionen, Konventionen und ähnlichen Vorhaben im Rahmen der internationalen Aktivitäten zum Schutz der Biodiversität. Dabei kommt der Erhaltung der genetischen Ressourcen eine grosse Bedeutung zu. Als Grundlage für die Einleitung von Massnahmen braucht es genetische Inventuren bei den forstlich wichtigen Baumarten. Mit der Ausscheidung von Samenerntebeständen und der Führung eines zentralen Katasters wird die Übersicht über vorhandene Ressourcen erhöht werden. Autochthone Bestände sollen durch ein Netz von Wald- und Genreservaten geschützt werden. Sie werden als besonders wertvoll erachtet, da sie sich über Generationen an den Standort angepasst haben. Damit die Eigenschaften autochthoner Bestände auch in Zukunft erforscht werden können, ist eine Vermischung mit Erbgut unbekannter Herkunft unerwünscht. Die Gewinnung von einheimischem Vermehrungsgut soll mit der Schaffung einer Saatgut-Vermittlungsstelle und der Anlage von Samenplantagen verbessert werden.

Trotz dieser Lösungsansätze bleiben aber viele Fragen offen (Stettler, 1986, 1987). So weiss man zum Beispiel nicht, wie gross die genetische Diversität der in der Schweiz vorkommenden forstlichen Baumarten ist. Unbekannt ist auch, ob neben den Erhaltungsmassnahmen *in situ* (Wald- und Genreservate) auch Massnahmen *ex situ* nötig sind. Ferner weiss man nicht, ob es im Ausland Herkünfte gibt, die eine höhere genetische Diversität aufweisen, und wie sich diese Herkünfte beim Anbau in der Schweiz verhalten würden. Auch die Frage, ob der Anbau fremdländischer Baumarten in der Schweiz sinnvoll ist, kann nicht generell beantwortet werden. Inwieweit Herkunftsversuche in der Schweiz wieder stärker gefördert werden sollen, muss vor dem Hintergrund diskutiert werden, dass solche Versuche für die Zukunft – wenn sich das Klima innerhalb

der halben Umtriebszeit derart stark ändert wie prognostiziert – nur noch eine beschränkte Aussagekraft haben.

Verschiedene Autoren kommen zum Schluss, dass die schnelle Veränderung des Klimas nur durch politische und soziale Massnahmen gelöst werden kann (Fabian, 1991; Krapfenbauer, 1992; Ledig *et al.*, 1992). Die Möglichkeiten der Forstwirtschaft, einen aktiven Beitrag zur Verhinderung einer Klimaerwärmung zu liefern, sind äusserst beschränkt (Volz, 1992).

5. Schlussfolgerungen

(Christophe Tranchet)

5.1 Wichtige sachliche Fragen

Ausgehend von den in den Kapiteln 2 und 3 gemachten Ausführungen stellen sich folgende zentrale Fragen:

- Wie wirkt sich eine Klimaänderung auf den Wald in der Schweiz aus und wie können ihre Auswirkungen erfasst werden?
- Welche Indikatoren sind wichtig zur Erhebung der Symptome?
- Wie wirken sich Änderungen der abiotischen Umwelt (Klima und Naturereignisse) auf die bestehenden Waldbestände (Verschiebung der Vegetationszonen, des Baumartenspektrums, der Beziehungen zwischen Wirt- und Schadorganismen) aus?
- Welche Massnahmen sind aufgrund der bestehenden Kenntnisse und abschätzbaren Ereignisse und Szenarien abzuleiten?
- Welche Handlungsmöglichkeiten stehen den Waldeigentümern und dem Forstdienst zur Verfügung, um eine umfassende Walderhaltung zu gewährleisten?

5.2 Forstpolitische Folgerungen aus der Sicht der Eidgenössischen Forstdirektion

Wir gehen davon aus, dass sich eine Klimaänderung direkt oder indirekt durch Einzelereignisse oder durch langsame Veränderungen auf das Ökosystem Wald und damit auch auf den Gesundheitszustand des Waldes auswirkt. Hinzu kommen die nach wie vor offenen Fragen zu den Immissionen aus der Luft und deren mögliche überlagernde Auswirkungen. Dabei besteht die Gefahr, dass die eigentliche Ursache, die beispielsweise hinter einem Schädlingsaufkommen steht, unerkannt bleibt. Soll nun die veränderte Situation als «Normalzustand» bezeichnet werden? Darf der zusätzliche Aufwand

auf die Waldeigentümer abgewälzt werden? Folgende Aktivitäten erachten wir deshalb als nötig:

- Wissenschaft und Forschung sollen sich noch vermehrt fachübergreifend den methodischen Fragen der Ursachen-Wirkungs-Beziehungen annehmen.
- Die frühzeitige Erfassung von Dauerbeobachtungsflächen zur Ermittlung der Auswirkungen sowohl der Immissionen als auch einer allfälligen Klimaänderung soll durch das Walderhebungsprogramm 1992 bis 1995 und durch Nachfolgeprogramme gesichert werden.
- Die Zusammenarbeit mit anderen Instituten – länderübergreifend und national (zum Beispiel Schweizerische Meteorologische Anstalt) – muss intensiviert werden. Beratungs- und Expertengremien sind disziplinübergreifend einzusetzen.
- Sowohl national als auch international sind Massnahmen zur Einschränkung bzw. Beseitigung der eigentlichen Ursachen einer Klimaveränderung zu unterstützen (Folgeaktionen zur Umweltkonferenz in Rio, zur bevorstehenden Forstschutz-Ministerkonferenz in Helsinki 1993, Klimafonds, CO₂-Abgabe, Förderung klimaneutraler Energien wie zum Beispiel Holz).
- Es sind neue Kommunikationsformen und -prozesse zwischen den verschiedenen Akteuren (Waldeigentümer, Forstdienst, Forschung) und den Betroffenen, sei dies als Bedrohung infolge zunehmender Risiken oder als Steuerzahler, zu entwickeln. Die sektionelle, traditionelle Art der Information ist überholt. Die heutige Situation erfordert vernetztes Denken und Handeln. Mit andern Worten: Wir haben die Aufgabe, die betroffene Bevölkerung so zu informieren, dass sie den gesamten Problemkreis überblicken kann.

Es gibt keine Institution, die uns all die gestellten Fragen beantworten kann, weder in der Schweiz noch im Ausland. Der Wald ist jedoch quantitativ und in seiner Funktionsfähigkeit gemäss dem Auftrag des Waldgesetzes zu erhalten. Forstdienst, Waldeigentümer, Forschung und Lehre sowie die Allgemeinheit sind aufgefordert, unsere nachfolgenden Generationen nicht in Frage zu stellen. Nehmen wir die Herausforderung an und bereiten wir uns vor!

Literatur

- Anderson, R. L. (1990): Effects of global change on tree survival and forest pests in the South. Proc. 1990 Soc. Am. Foresters Nat. Convention Washington DC, SAF-Publication 90-02, 176-180.
- Anonym (1990): Experiment: Weltklima. Panda Magazin, 23, II: 1-31.
- Barbosa, P., Schulze, J.C. (1987): Insect outbreaks, Academic Press, San Diego, 578 S.
- Berryman, A. (1986): Forest insects. Plenum Press, New York and London.
- Cannell, M., Grace, J., Booth, A. (1989): Possible impacts of climatic warming on trees and forests in the United Kingdom: a Review. Forestry 62 (4): 337-364.
- Dix, M. E., Brandle, J. R., Bratton, G. F., Wardle, T. D. (1990): Potential effects of climate change on tree survival and forest pests in the Great Plains. Proc. 1990 Soc. Am. Foresters Nat. Convention Washington DC, SAF-Publication, 90-02, 171-175.
- Eidg. Justiz- und Polizeidepartement (EJPD) (1977): Wärmegliederung der Schweiz. Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern, 69 S.
- Endlicher, W. (1992): Tagung des AK Klima in Schloss Rheinischholzhausen bei Marburg vom 10. bis 12. Januar 1992. Mitt. DMG 2/92: 35-37.
- Fabian, P. (1991): Klima und Wald – Perspektiven für die Zukunft. Forstw. Cbl., 110, 286-304.
- Flohn, H., Kapala, A., Knoche, H. R., Mächel, H. (1992): Water vapour as an amplifier of the greenhouse effect: new aspects. Meteorol. Zeitschrift, N.F. 1 (2): 122-138.
- Gäumann, E. (1951): Pflanzliche Infektionslehre. Birkhäuser Verlag, Basel.
- Gregor, H. (1992): The potential role of temperate forests as sink of CO₂. Water, Air & Soil Pollution 64: 197-212.
- Hedden, R. L. (1988): Global climatic change: Implications for silviculture and pest management. USDA Gen. Tech. Rep.: Proc. 5th biennial Southern Silvicult. Res. Conf. Memphis 1988 (SO-74): 555-562.
- Hertel, G., Souto, D. (1991): Global change and its potential to affect forest pest management. Proc. North Am. Forest Insect Work Conf., USDA Gen. Tech. Rep. (PNW-GTR-294): 81.
- Hostettler, M. (1991): Anthropogen verursachte globale Klimaänderungen und Schweizer Wald. Schweiz. Z. Forstwesen 142 (11): 915-923.
- IPCC (1990): Scientific assessment of climate change. Report prepared for IPCC by working group 1. WMO/UNEP Genf, 365 S.
- Kienast, F., Kräuchi, N. (1992): Wie sieht die zukünftige Vegetation der Schweiz aus? Inf.bl. Forsch.bereich Landsch., 13: 1-4.
- Klimetzek, D. (1992): Schädlingsbelastung der Waldbäume in Mitteleuropa und Nordamerika. Forstw. Cbl. III: 61-69.
- Kolb, H. et al. (1991): Bestandesaufnahme anthropogener Klimaänderungen. Mögliche Auswirkungen auf Österreich – mögliche Massnahmen in Österreich. Österreichische Akademie der Wissenschaften, Kommission für die Reinhaltung der Luft; Wien.
- Kozar, F., Nagy, A. (1986): The unexpected northward migration of some species of insects in Central Europe and the climatic changes. Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 59: 90-94.
- Krapfenbauer, A. (1992): Die Rolle des Waldes, der Holzbiomasse und der Solarenergie zur Stabilisierung des Glashauseffektes. Cbl. ges. Forstwesen, 109, 2: 85-103.
- Layser, E. (1980): Forestry and climatic change. J. Forestry, 678-682.
- Ledig, T. F., Kitzmiller, H. J. (1992): Genetic strategies for reforestation in the face of global climate change. For. Ecol. Manage., 50: 153-169.
- Mayer, H. (1992): Auswirkungen der Klimaänderung auf den Schutzwald im Gebirge. Österr. Forstztg. 4: 7-8.
- Müller-Dombois, D. (1992): Potential effects of the increase in carbon dioxide and climate change on the dynamics of vegetation. Water, Air & Soil Pollution 64: 61-76.
- Müller-Westermeier, G. (1992): Untersuchung einiger langer deutscher Temperaturreihen. Meteorol. Zeitschrift, N.F., 1 (3): 155-171.
- Münchener Rückvers.ges.: Der Sturm. zit in Mitteilungen DMG 3/91: 12-15.
- Pfister, C., Bütikofer, N., Schuler, A., Volz, R. (1988): Witterungsextreme und Waldschäden in der Schweiz. Bundesamt für Forstwesen und Landschaftsschutz, Bern, 70 S.
- Polle, A., Mössnang, M., von Schönborn, A., Sladkovic, R., Remberg, H. (1992): Field studies on Norway spruce trees at high altitudes. New Phytol. 121: 89-99.

- Roloff, A.* (1992): Mögliche Auswirkungen des Treibhauseffektes auf die Konkurrenzsituation in Waldökosystemen. *Forstarchiv* 63: 4–10.
- Safranyik, L., Shore, T.* (1992): Global warming: Possible effects on hazard rating. Proc. North Am. Forest Insect Work Conf., Gen. Tech. Rep. (PNW-GTR-194), 70 S.
- Schmidt-Vogt, H.* (1991): Die Fichte. Band II/3: Waldbau, Ökosysteme, Urwald, Wirtschaftswald, Ernährung, Düngung, Ausblick. Paul Parey, Hamburg und Berlin, 781 S.
- Schreyer, G.* (1991): Gedanken zur Orientierung der Forstwirtschaft. *Forstw. Cbl.*, 110, 331–337.
- Schwertfeger, F.* (1981): Waldkrankheiten. Paul Parey Verlag, Hamburg und Berlin.
- Sinha, K.* (1991): Impact of climate change on agriculture: a critical assessment. In: Jäger, J.; Ferguson, H. (1991): Climate change; Science, impacts and policy. Proc. 2nd World Climate Conf., Cambridge Univ. Press, Cambridge, 99–107.
- Stettler, R. F.* (1986): Der Wald als Experiment. *Schweiz. Z. Forstwes.*, 137, 3: 205–220.
- Stettler, R. F.* (1987): Zur Erhaltung und Erneuerung der forstlichen Genressourcen in der Schweiz. *Schweiz. Z. Forstwes.*, 138, 8: 673–683.
- Thomasius, H.* (1991): Mögliche Auswirkungen einer Klimaänderung auf die Wälder in Mitteleuropa. *Forstw. Cbl.* 110: 305–330.
- Volz, R.* (1990): Dürrebelastung der Schweizer Wälder seit dem 16. Jahrhundert und Folgerungen im Hinblick auf die aktuellen «Waldschäden». Bayer. Landwirtschaftliches Jahrbuch 67, (Sonderheft 1990): 21–27.
- Volz, R.* (1992): Welche Beiträge kann die Schweizer Wald- und Holzwirtschaft zur Bewältigung des CO₂-Problems leisten? *BUWAL-Bulletin* 3/92, 40–48.
- Wagner, M.* (1990): Individual tree physiological responses to global climate scenarios: an conceptual model of effects on forest insect outbreaks. Proc. 1990 Soc. Am. Foresters Nat. Conv. Washington DC, SAF-Publication 90-02, 148–153.
- Wandeler, H., Günter, R.* (1991): Sturmschäden 1990: Lagebeurteilung aus der Sicht der Eidgenössischen Forstdirektion. *Schweiz. Z. Forstwes.*, 142 (6): 453–462.
- Windelius, G., Tucker, P.* (1990): The sun, sovereign ruler with chilling power: an assessment of the potential impact of solar activity on future climate. *Unasylva* 163 (Vol. 41): 15–21.

Résumé

Modification du climat: un défi pour la conservation des forêts

Une contribution à la discussion dans le domaine de la politique forestière

Après une introduction consacrée à l'effet de serre, la contribution décrit les signes d'une modification réelle du climat. Cette modification se marque par une circulation atmosphérique plus intense aux latitudes moyennes. La conséquence en est un accroissement des tempêtes au-dessus de l'Atlantique, des hivers plus doux en Europe centrale et des périodes de sécheresse plus fréquentes dans les régions méditerranéennes à pluies d'hiver. De tels phénomènes climatiques ou les effets du climat sur le sol ou sur les organismes nuisibles pourraient porter atteinte aux écosystèmes forestiers. Cela entraînerait des modifications de la structure des peuplements, de leur évolution et de leur stabilité. La contribution montre différents mécanismes d'action possibles. Elle discute les effets éventuels sur la conservation des forêts et leur état de santé, en particulier les effets sur les divers éléments de la relation entre l'hôte et l'organisme nuisible et propose des mesures, dont entre autres:

- Adaptation et développement d'instruments de prévision et d'observation de l'état de santé des forêts.
- Développement d'une stratégie flexible pour des mesures préventives et curatives
- Encouragement de toutes les mesures de sylviculture naturelle.
- Encouragement des mesures de maintien d'une large diversité biologique des essences et d'autres plantes forestières.
- Exploitation des forêts, y compris des bois, selon le principe du rendement écologique soutenu.

Zusammenfassung: *Christoph Zahn, Madeleine Schmutz*

Verfasser: Christophe Tranchet, dipl. Forsting. ETH, MBA, Ernst Fürst, dipl. Forsting. ETH, Dr. Bruno Stadler, Dr. Richard Volz, Christoph Zahn, dipl. Forsting. ETH, BUWAL, Eidg. Forstdirektion, CH-3003 Bern.