Bundesamt für Forstwesen
und Landschaftsschutz

Office fédéral des forêts et
de la protection du paysage

# WITTERUNGSEXTREME UND WALDSCHAEDEN IN DER SCHWEIZ

Eine historisch-kritische Untersuchung von Schadenmeldungen aus schweizerischen Wäldern in ihrer Beziehung zur Klimabelastung, insbesondere durch sommerliche Dürreperioden

# EXTREMES CLIMATIQUES ET DEGATS AUX FORETS EN SUISSE

Un examen historico-critique des dégâts annoncés dans les forêts suisses, en relation avec le stress dû au climat, provoqué en particulier par les périodes de sécheresse estivales.

Résumé

Christian Pfister, Niklaus Bütikofer, Anton Schuler, Richard Volz

unter Mitarbeit von / en collaboration avec:
Hannes Schüle, Hansruedi Mächler, Nino Kuhn, Christophe Tranchet

VORWORT

Als wir 1983 und 1984 durch die Meldungen über verbreitete Waldschäden aufgerüttelt wurden, tauchte bald auch die Frage auf, wie sich der Zustand des Waldes weiter entwickeln werde. Auf Grund der Schadenentwicklung in den frühen achtziger Jahren wurden erste Szenarien entworfen, die schwerwiegende Folgen nicht ausschlossen. Zugleich wurden aber auch Stimmen laut, die auf Berichte über Waldschäden in der Vergangenheit verwiesen und sagten, es gäbe keinen Grund zur Beunruhigung, das Phänomen sei nicht neu.

Aus dieser Situation kam der Anstoss für die vorliegende Arbeit. Umwelthistoriker sollten der Frage nachgehen, ob in der Vergangenheit tatsächlich vergleichbare Erscheinungen beobachtet wurden und welchen Verlauf sie nahmen. Um sie beantworten zu können, war es zuerst einmal nötig, die Quellen mit historisch-kritischen Methoden zu sichten, die Angaben zusammenzutragen und auf ihre Zuverlässigkeit zu überprüfen. Erst auf dieser Grundlage dürfen im Vergleich mit der aktuellen Situation Schlussfolgerungen gezogen werden.

In der Vergangenheit war die Bevölkerung viel stärker von der Natur abhängig. Die Erscheinungen wurden viel unmittelbarer erlebt und wahrgenommen. Die ökologischen Kreisläufe waren am Ort mehr oder weniger geschlossen. Schäden hatten meist lokale Ursachen. Als grossräumiger Einflussfaktor war einzig das Klima von Bedeutung. Der Zusammenhang zwischen den Schäden und ihrer Ursache war direkter. Er wird in dieser Arbeit unter besonderer Berücksichtigung des Klimas überprüft.

Es ist das Verdienst der Autoren, eine Lücke in der Waldschadensforschung aufgespürt zu haben. Unsere Optik wird über die wenigen Jahre systematischer Waldzustandserfassung hinaus erweitert. Die Diskussion der ursächlichen Zusammenhänge in der Vergangenheit macht deutlich, wie dem Phänomen Waldschäden nur eine wirklich umfassende ökologische Betrachtungsweise gerecht werden kann. Die Arbeit kann sicher nicht alle Fragen beantworten, aber es ist ein guter Anfang gemacht, auf dem man aufbauen sollte.

M. de Coulon

INHALTSVERZEICHNIS


| | | |
|---|---|---|
| VORWORT | | 3 |
| ZUSAMMENFASSUNG | | 5 |
| RESUME | | 7 |
| 1. | PROBLEMSTELLUNG UND ZIELSETZUNG | 9 |
| 2. | DER HISTORISCH-KRITISCHE ANSATZ | 11 |
| 3. | QUELLEN | 13 |
| 4. | SCHAEDEN | 16 |
| 4.1. | Dürre | 16 |
| 4.2. | Frost | 19 |
| 4.3. | Sturm- und Schneebruch | 22 |
| 4.4. | Insektenschäden | 25 |
| 4.5. | Pilze | 32 |
| 5. | DUERREPERIODEN SEIT DEM 16. JAHRHUNDERT | 34 |
| 5.1. | Die Methodik | 34 |
| 5.2. | Das Datenmaterial | 35 |
| 5.3. | Das Modell | 38 |
| 5.4. | Sommerliche Dürresequenzen seit 1525 | 40 |
| 5.4.1. | Vergleich des Modells mit beobachteten Dürreschäden in der Landwirtschaft | 40 |
| 5.4.2. | Langfristige Veränderung der Dürrebelastung | 43 |
| 5.4.3 | Die Extremjahre 1893, 1911, 1947, sowie 1540 | 46 |
| 6. | SOMMERDUERRE UND WEITERE WIRKUNGSZUSAMMENHAENGE IN IHRER BEDEUTUNG FUER WALDSCHAEDEN | 48 |
| 6.1. | Direkte und indirekte Schäden durch Trockenheit | 48 |
| 6.2. | Extreme Witterungsereignisse und Schadenwellen | 53 |
| 7. | AELTERE MELDUNGEN VON AUFSEHENERREGENDEN WALDSCHAEDEN UND IHRE BEDEUTUNG | 57 |
| 7.1. | 'Von Absterbung der Bäume in der Schweiz, insonderheit der rothen Tannen' (1722) | 57 |
| 7.2. | Das Verdorren von Wäldern in Sachsen (1724) | 57 |
| 7.3. | Die Kalamitäten 1800 bis 1812 | 58 |
| 7.4. | Ueberweidung und Harzgewinnung als Schadenursachen. Ein Beispiel von Wipfeldürre aus dem 18. Jahrhundert | 59 |
| 7.5. | Wie sind alte Meldungen über 'Waldsterben' im Vergleich mit der aktuellen Situation zu deuten? | 60 |
| 8. | AUSBLICK | 63 |
| 9. | BIBLIOGRAPHIE | 66 |

ZUSAMMENFASSUNG

In der Diskussion um die aktuellen Waldschäden wird verschiedentlich hervorgehoben, vergleichbare Schadenmuster seien schon früher aufgetreten. Seit jeher hätten extreme Dürre, harter Frost und massiver Schädlingsbefall grossräumige, beunruhigende Schadenbilder hervorgebracht. Diese Schäden seien aber nach einigen Jahren jeweils wieder abgeklungen. Die historischen Belege, die von den Verfechtern dieser These ins Feld geführt werden, halten jedoch einer kritischen Ueberprüfung nicht stand. Dazu stellt sich das Problem der sachgerechten Interpretation.

Im ersten Teil der vorliegenden Arbeit wurden zunächst die forstlichen Zeitschriften der Schweiz und die jährlichen Rechenschaftsberichte einzelner kantonaler Forstverwaltungen für den Zeitraum von 1850 bis 1960 systematisch auf die Meldung von Schäden hin ausgewertet, um einen Ueberblick über den raum-zeitlichen Verlauf von Schadenereignissen zu erhalten. Erfasst wurden Dürre-, Frost-, Sturm- und Schneebruchschäden sowie 40 verschiedene Arten von Pilz- und Insektenschäden. Insgesamt sind rund 4500 Beobachtungen verwertet worden. Diese stammen von Forstleuten, denen in der Regel Sachverstand und gute Beobachtungsgabe attestiert werden kann. Bis auf eine verschwindend kleine Zahl von Fällen konnten die Berichterstatter die unmittelbare Ursache der Schädigungen zweifelsfrei bezeichnen. Sie erwähnen auch kleine Schäden, sogar Beschädigungen von Knospen durch Wild, das Absterben neuer Triebe oder die vorübergehende Bräunung des Gipfels von Fichten bei einem Befall durch Blattwespen. In den Verwaltungsberichten bestätigen sie in günstigen Jahren auch das Ausbleiben von Schäden. Auf Grund dieser Daten ist es folglich möglich, für den Untersuchungszeitraum ein zuverlässiges und lückenloses Bild der grösseren Ereignisse zu zeichnen.

Allerdings bieten diese Quellen keine systematischen Erhebungen des Gesundheitszustandes, wie dies heute vom Sanasilva-Programm angestrebt wird, sondern eine Beschreibung von Schadenmustern sowie der kurz- und teilweise auch mittelfristigen Folgen. Die Uebersicht über die gesammelten Daten erlaubt folgende Schlüsse:

1. Schäden geringer Intensität wurden beinahe in jedem Jahr gemeldet. Schadenbilder, die gleichzeitig in verschiedenen Regionen auftraten, waren in der Regel auf extreme Witterungsereignisse (Dürre, Sturm, Schnee, Frost) zurückzuführen. Die dadurch bewirkte Schwächung der Waldbäume förderte häufig die Vermehrung von Schädlingen. Auf Grund der kleinräumigen Gliederung der Schweiz und der Vielgestaltigkeit der naturräumlichen Bedingungen blieben die Folgen jedoch meistens auf einzelne Waldungen beschränkt.
2. Der durch Insekten und Pilze verursachte Schadenverlauf konnte durchaus wellenförmig sein, der gesamte Befall durch verschiedene Parasiten erfolgte aber nie synchron.

Aeltere Berichte von einem räumlich verdichteten Abdorren von Fichten und Tannen dürften meistens das Schadbild von Borkenkäferherden ansprechen. Zeitlich sind sie in der Regel an sommerliche Dürreperioden gebunden. Entsprechend der grossräumigen Ausdehnung von stabilen sommerlichen Hochdrucklagen können die Berichte aus einem geographischen Umkreis von Hunderten von Kilometern stammen und dabei ein flächendeckendes Schaden-

muster vortäuschen. Die damaligen Beobachter beschreiben jedoch punktuelle, eng begrenzte Schäden, die jeweilen wieder abgeklungen sein dürften, nachdem die Käferpopulationen in kühleren und feuchteren Sommern zusammengebrochen waren. Ursächliche Parallelen zum heutigen grossräumigen, unspezifischen und über längere Zeit anhaltenden Schadenverlauf sind nachträglich konstruiert worden.

In einem zweiten Teil wird die These, wonach die aktuellen Waldschäden durch extreme Witterungseinflüsse hervorgerufen oder verschärft worden seien, am Beispiel der sommerlichen Dürreperioden untersucht. Ausgehend von gängigen Formeln zur Berechnung der Verdunstung ist ein Dürremodell entwickelt und anhand von Schadenmeldungen aus der Landwirtschaft überprüft worden. Die Uebertragung auf die bis ins 16. Jahrhundert zurückreichenden Daten der klimageschichtlichen Dokumentation CLIMHIST führte zu folgenden Ergebnissen:

1. Sommerliche Dürreperioden sind im säkularen Durchschnitt alle sieben Jahre zu erwarten und gehören zum normalen Bild unseres Klimas. Seit 1964 ist die Häufigkeit von Dürresommern zurückgegangen.
2. Die Dürrehäufigkeit hat 1945 bis 1953 mit sechs heiss-trockenen Sommern innert neun Jahren ein Fünfhundertjahr-Maximum erreicht.

Auf den Wald wirkten sich die Dürreperioden gemäss den im ersten Teil zusammengestellten Schadenberichten recht unterschiedlich aus:

1. Nach vereinzelten heiss-trockenen Sommern wurden regelmässig Schäden beobachtet, die jedoch räumlich und zeitlich eng begrenzt blieben. Geringfügig waren beispielsweise die beobachteten Folgewirkungen des Sommers 1904, der von der Dauer, der Intensität und dem jahreszeitlichen Muster seiner Dürrewirkung her mit jenem von 1983 am ehesten vergleichbar ist.
2. Im Gefolge von zwei oder mehr Dürresommern innerhalb weniger Jahre traten in der Regel Borkenkäfer-Kalamitäten auf. Die Käfer vermochten sich ausgehend von Herden kumulativ zu vermehren und fanden dabei in den geschwächten Bäumen reichlich Nahrung. Die härteste Belastungsprobe dieser Art hatte der Wald in der Periode 1945 bis 1953 zu verkraften. Nach dem Zusammenbruch der Borkenkäfer-Populationen wurden jedoch keine Folgeschäden gemeldet.

Aus dem vorliegenden Befund wird geschlossen, dass der Wald früher gegen die direkten und indirekten Folgen von sommerlicher Dürre resistenter war als landwirtschaftliche Kulturen. Heute dagegen werden sogar trockene Herbste (1985, 1986) ursächlich mit der Schwächung der Bäume verknüpft. Wenn dem so ist, so muss dies im Sinne einer verminderten klimatischen Belastbarkeit des Waldes gedeutet werden. Experimentelle Hinweise liegen vor, wonach Luftschadstoffe die Reaktionsfähigkeit der Bäume auf Dürrestress beeinträchtigen. Sollten die Sommer Mitteleuropas als Folge einer erwarteten globalen Erwärmung künftig heisser und trockener werden, müsste sich dies auf einen durch Luftschadstoffe geschwächten Wald doppelt verheerend auswirken.

## 1. PROBLEMSTELLUNG UND ZIELSETZUNG

Die grossräumige Verschlechterung des Waldzustandes in den letzten Jahren hat viele Fragen aufgeworfen. Bei der Suche nach den Ursachen steht zwar der anthropogen verursachte Schadstoffeintrag in die Wälder nach wie vor im Vordergrund, doch wird von verschiedenen Seiten auch auf die Bedeutung von natürlichen Faktoren (Klima, Boden und Nährstoffversorgung, Insekten usw.) und von forstwirtschaftlichen Einflüssen (mangelnde Pflege) hingewiesen. Ueber der ganzen Ursachendiskussion hängt die Frage nach der Aussagekraft der heutigen Erhebungsmethoden, die auf der "Kronenverlichtung" als Mass für die Schädigung abstellen. Zeigt diese effektiv eine Schädigung an, oder handelt es sich nur um eine Anpassung des Baumes an momentane Gegebenheiten, die wieder vergehen wird, so wie sie entstanden ist. Eine grosse Unbekannte ist auch die Dynamik der Schädigung. Es gibt noch wenig Anhaltspunkte darüber, wie die Entwicklung langfristig verlaufen wird.

In der Diskussion um die aktuellen Waldschäden tauchten verschiedentlich historische Berichte auf (insb. von FLEMING, 1724, 'Von der Verdorrung der Fichten- und Kiefer-Wälder'), die ähnliche Erscheinungen in der Vergangenheit beschreiben. Daraus wurde gefolgert, die Waldschäden seien eine natürliche Erscheinung ohne besondere Bedeutung. Niemand bestreitet, dass der Wald auch in der Vergangenheit nicht immer in gutem Zustand dastand. Die Frage ist aber, in welcher Form die Schäden in Erscheinung traten, und welche Ursachen für die Schädigung verantwortlich waren. Man kann sicher nicht von den Einzelfällen, die in der aktuellen Diskussion hochgespielt worden sind, auf die generelle Situation schliessen. Es besteht deshalb ein Interesse daran, zu erfahren, welche Schäden tatsächlich festgestellt und mit welchen Ursachen sie erklärt wurden.

Neu ist sicher die Belastung des Waldes mit Fremdstoffen aus der Luft und im Niederschlagswasser im heutigen Ausmass. In der Vergangenheit bildete dagegen die vielfältige Nutzung durch den Menschen die Hauptbelastung. Neben der übermässigen Holzgewinnung gab es viele Nebennutzungen in Form von Beweidung, Streunutzung, Mähen, Schneiteln, Eichelmast usw.. Dazu kommen in Vergangenheit und Gegenwart die Auswirkungen von natürlichen Einflüssen wie Schneedruck, Frost, Sturm, Dürre und Insektenbefall. Auch in der Vergangenheit dürften deshalb die Wälder nicht dem heutigen Bild eines optimalen Zustandes entsprochen haben. Offen ist allerdings, ob die Symptome mit den heutigen vergleichbar sind.

Wir konnten nicht davon ausgehen, dass es frühere Erhebungen gibt, die mit den heutigen vergleichbar sind. Wir wussten nicht im Detail, welche Beobachtungen gemacht und wie weit sie aufgezeichnet wurden. Bei der vorliegenden Untersuchung geht es zuerst einmal darum, einen Ueberblick über vorhandenes Datenmaterial zu gewinnen und festzustellen, welche Arten von Angaben es gibt und wie zuverlässig sie sind. Sind die Aufzeichnungen von den Beobachtern selbst gemacht worden, oder handelt es sich um Berichte aus zweiter Hand? Wird auch festgehalten ob der Wald in gutem Zustand war, oder darf dies aus dem Fehlen von Schadenhinweisen stillschweigend geschlossen werden? Wurden die Schäden erklärt und sind die Erklärungen aus heutiger Sicht noch haltbar? Diese Fragen liessen es

als ratsam erscheinen, vorerst einmal die Quellenlage durch Historiker kritisch interpretieren zu lassen.

In letzter Zeit wurde die Rolle des Klimas vermehrt in die Diskussion über die Ursachen der Waldschäden gebracht. Anlass dafür waren zuerst die Jahre 1983 bis 1985 mit relativ trockenen Perioden im Sommer und Herbst, später auch die Kälteperioden in den Wintern 1985/86 und 1986/87. Je länger die Zeitreihe mit Klimaangaben ist, umso grösser wird die Wahrscheinlichkeit, dass Ereignisse belegt werden können, die mit den aktuellen vergleichbar oder sogar extremer sind. Daran müsste eine spezifische Wirkung des Klimas erkennbar sein. In der Schweiz verfügen wir über ein einzigartiges Grundlagenmaterial über das Klima seit dem 16. Jahrhundert (PFISTER 1984). Es handelt sich allerdings nicht um reine Messdaten von Temperatur und Niederschlag. Die Werte aus früheren Jahrhunderten sind abgeleitete Grössen, die ein räumliches Mittel für das schweizerische Mittelland darstellen. Die Auswirkungen der Witterungsextreme sind im landwirtschaftlichen Bereich deutlich erkennbar. Es ist zu erwarten, dass sie sich auch auf die Wälder ausgewirkt haben. Falls die Auswirkungen aufgezeichnet wurden, sollte es möglich sein, Schadwirkungen des Klimas zu erkennen und eventuell sogar Schwellen für Schädigungen abzuschätzen. Im Rahmen dieser Arbeit war es allerdings nicht möglich, die Zusammenhänge umfassend zu analysieren. Da im Anschluss an die Schäden der Jahre 1983 bis 1985 vor allem die Trockenheit als möglicher Faktor diskutiert wurde, wird hier speziell der Einfluss von Dürreperioden näher untersucht.

Das Ziel der Arbeit besteht darin, aufbauend auf der diskutierten Problemstellung, Antworten auf folgende Fragen zu finden:
- Welche Angaben über Waldschäden in der Vergangenheit sind vorhanden?
- Wie zuverlässig und detailliert sind diese?
- Welche Waldschäden (Art und Ausmass) traten in der Vergangenheit in der Schweiz auf?
- Mit welchen Ursachen wurden sie erklärt, und sind diese Erklärungen aus heutiger Sicht haltbar?
- Welche Rolle spielten klimatische Einflüsse, insbesondere Dürreperioden, beim Auftreten von Schäden?
- Lassen sich aus den Schadenereignissen der Vergangenheit Schlüsse auf die aktuelle Situation ziehen?
- Wo liegen die Grenzen des historischen Datenmaterials?

Der Arbeit selber sind Grenzen gesetzt, und **sie erhebt keinesfalls den Anspruch, die aufgeworfenen Fragen umfassend zu beantworten.** Als Quellen konnten nur forstliche Zeitschriften und Berichte aus einigen Kantonen mehr oder weniger systematisch bearbeitet werden. Dementsprechend verstehen wir den Bericht als einen ersten Beitrag und als Anregung, in dieser Richtung weiterzuarbeiten.

Die Autoren hoffen, dass die vorliegende Arbeit dazu beiträgt, die Frage nach den Ursachen und nach der mittel- bis langfristigen Dynamik der aktuellen Waldschädigung auf breiter Basis angehen zu können. **Sie möchten Argumente zu einer sachlichen Diskussion beisteuern und an die Stelle von Spekulationen überprüfbare Daten stellen.**

## 2. DER HISTORISCH-KRITISCHE ANSATZ

In der Diskussion um die aktuellen Waldschäden ist bereits von verschiedener Seite eingewandt worden, solche Erscheinungen habe es in der Vergangenheit periodisch immer schon gegeben und sie seien auf bekannte, gewissermassen normale Ursachen zurückzuführen (CRAMER/CRAMER-MIDDENDORF 1984, KANDLER 1985). Trockenheit, Frost und Schädlingsbefall könnten, wenn sie in extremer Form und zur gleichen Zeit auftreten, zu kumulativen Schadenentwicklungen führen, die zwar längere Zeit anhielten, aber doch immer wieder vorübergingen. Das Bild einer Wellenbewegung wird dabei gerne beigezogen, und man vergleicht solche Schadenphasen mit "Wellenbäuchen" (KANDLER 1987).

Die Vertreter dieser These belegen ihre Argumente hauptsächlich mit alten schriftlichen Berichten und mit Bildmaterial, die zum Teil bis ins 16.Jahrhundert zurückreicht. Das jeweils beigezogene Material erweckt dabei den Eindruck von Zufallsfunden, die unkritisch zu voreiligen Verallgemeinerungen herhalten müssen. Helmut BRANDL (1985 und 1987) hat die Fragwürdigkeit eines solchen Vorgehens an einem Beispiel von CRAMER (1984) demonstriert. Dieser argumentiert mit einem allgemeinen Tannensterben von 1858/59 im Schwarzwald, für das er drei Belege aus älteren forstlichen Abhandlungen beibringt. BRANDL weist nun nach, dass diese drei von CRAMER als Quelle benützten Autoren unabhängig voneinander dieselbe Nachricht von einem 10 ha grossen Borkenkäferherd aus dem Jahre 1858 aufgenommen und rund 40 bzw. 70 Jahre später ungenau als "Tannensterben" ausgegeben haben. Ohne auf den Originalbericht zurückzugreifen und ohne sich zu fragen, was seine drei Gewährsleute mit dem Wort "Tannensterben" meinten, rekonstruiert CRAMER aus den drei Literaturstellen eine ganze Schadenperiode und stellt sie neben die heutigen Waldschäden.

Aehnlich kritisch ist mit dem Bildmaterial zu verfahren, das sporadisch als zusätzlicher Beleg beigezogen wird. Nicht-photografische Darstellungen geben immer eine nach ästhetischen Gesichtspunkten gestaltete Wirklichkeit wieder, aus der kaum je und dann nur über eine sehr sorgfältige Deutung naturwissenschaftliche Erkenntnisse im heutigen Sinne gewonnen werden können. Eine alte schadhafte Fichte auf einem Gemälde von Caspar David Friedrich beispielsweise ist kein Beleg für eine Waldkrankheit, sondern höchstens ein Sinnbild für das Natur-Phänomen des Alterns. Auch die Fotografien, die seit dem ausgehenden 19.Jahrhundert vorhanden sind, bereiten grosse interpretatorische Schwierigkeiten, denn sie liefern immer nur einen Ausschnitt innerhalb des Krankheitsgeschehens, das eine bestimmte zeitliche Dauer und räumliche Ausdehnung hat. Um von einer solchen Momentaufnahme Rückschlüsse auf Ursachen und Folgen einer Erkrankung zu machen, wären sehr genaue Aufnahmen nötig. Dabei könnte aber der erfasste Ausschnitt nur Einzelbäume enthalten, so dass die Aussagemöglichkeiten in bezug auf den Umfang der Schäden erheblich eingeschränkt wären. Ausserdem müsste vor der eigentlichen Interpretation das Verhalten der damals gebräuchlichen Geräte bei verschiedenen Lichtverhältnissen untersucht werden. Zuverlässige Angaben über die Benadelung von Baumkronen beispielsweise lassen sich nur machen, wenn der Einfluss des Gegenlichtes genau bekannt ist. Diese Schwierigkeiten haben uns veranlasst, die vorliegende Untersuchung nur mit schriftlichen Quellen durchzuführen und auf Bildmaterial ganz zu verzichten.

Welche Folgerungen für die Arbeit mit historischem Material zu Waldschäden sind nun aus diesen Bemerkungen zu ziehen?

Zunächst sollen die Quellen möglichst weit zurück bei den "ursprünglichen Fakten", d.h. bei den Beobachtern des Schadens gesucht werden. Dann muss der Weg von der Wahrnehmung zum niedergeschriebenen Bericht rekonstruiert werden. Dabei dürfen verschiedene Probleme, die heute ebenso vorhanden sind wie früher, nicht übergangen werden:
- Menschen sehen nie alles, was sie sehen könnten. Unsere Wahrnehmung ist geprägt durch das, was wir von einem Gegenstand bereits wissen und für beobachtenswert halten.
- Nicht alles, was wir beobachten, schreiben wir auch auf, und nicht alles davon wird aufbewahrt. Mit allem, was wir niederschreiben, verfolgen wir bestimmte Ziele, und wir neigen schliesslich zur Ueber- oder Untertreibung bestimmter Sachverhalte.

Eine Untersuchung vergangener Waldschäden muss deshalb einen Weg finden, auf dem mit einiger Sicherheit alle nennenswerten Schäden eines bestimmten Raumes und einer bestimmten Zeit erfasst werden können. Die Beobachtungen sollten von Leuten stammen, deren Wahrnehmung möglichst differenziert ist und deren Berichte genug Einzelheiten enthalten, um ihre Verallgemeinerungen und Schlüsse nachvollziehen zu können. Kapitel 4 zeigt, wie diese Fragen in dieser Arbeit gelöst worden sind. (Vgl. auch die Methodik der klimageschichtlichen Arbeit im Kapitel 6).

Bisher sind unseres Wissens erst zwei Versuche unternommen worden, vergangene Waldschäden in umfassender Weise aufzuarbeiten:

NIESSLEIN und HAUFF (1984) berichteten von einem Projekt "Forstgeschichtliche und landeskundliche Analysen zum Waldsterben", in dem zunächst alle früheren Waldschäden im Gebiet des heutigen deutschen Bundeslandes Baden-Württemberg, die in Versammlungsberichten forstlicher Vereine (ab 1839), forstlichen Zeitschriften (ab 1788) und zahlreichen selbständigen Veröffentlichungen erwähnt sind, erfasst wurden. Eine gezielte Auswertung des Materials ist zum Zeitpunkt dieses Berichtes noch nicht publiziert worden.

Die zweite Arbeit, die hier erwähnt werden muss, ist diejenige von PLOCHMANN und HIEKE (1986). Die beiden Autoren zogen gleichartige Quellen wie NIESSLEIN und HAUFF bei und stellten frühere "Schadereignisse in den Wäldern Bayerns" zusammen. Die Publikation ihrer Arbeit besteht hauptsächlich aus einer Liste der 348 gefundenen Fälle unter Angabe von Datum, Ursache, Gebiet und Ausmass sowie aus einer knappen Auswertung nach Häufigkeiten bestimmter Ursachen und Schadenregionen. Hervorzuheben ist, dass die Autoren glauben, durch die Auswertung forstlicher Literatur für das 19. und 20. Jahrhundert eine lückenlose Dokumentation der (grösseren) Schadenereignisse erhalten zu haben. Ihre Berichterstatter qualifizieren sie als "scharfe Beobachter und genaue Beschreiber", welche die Ursachen in den weitaus meisten Fällen "zweifelsfrei und richtig" erkannt hätten. Sie gehen auch auf die Wahrnehmungsproblematik ein, indem sie darauf hinweisen, dass das Kümmern oder allmähliche Ausfallen von einzelnen Baumarten in bestimmten Wuchsgebieten nicht als Schadenereignis dokumen-

tiert sei, jedoch in der wissenschaftlichen Literatur vielfach erörtert werde.

Für das Gebiet der Schweiz sind bisher keine entsprechenden Arbeiten veröffentlicht worden.

## 4. QUELLEN

Alle vorhandenen Materialien, die eine Rekonstruktion der Vergangenheit ermöglichen, bieten sich historischen Untersuchungen als Quellen an. Frühere Waldschäden lassen sich auch grundsätzlich aus vielen verschiedenen Quellenarten ermitteln, nicht alle eignen sich jedoch gleich gut dazu.

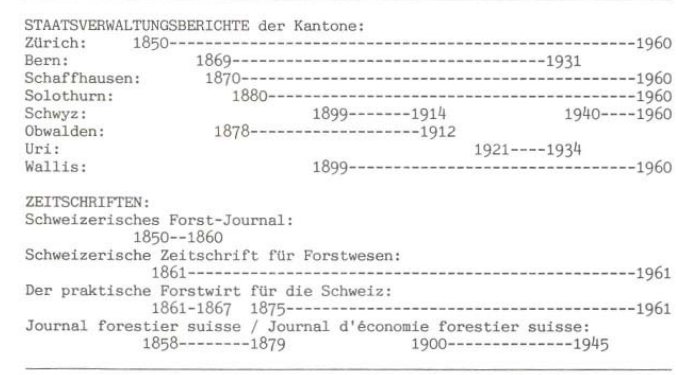
**Natürliche Quellen:**
Die Natur hinterlässt verschiedene Spuren ihrer Entwicklung, die auf indirektem Wege Rückschlüsse auf ihre Vergangenheit erlauben. Aus den Jahrringen beispielsweise lässt sich das Wachstumsverhalten jedes einzelnen Waldbaumes im Rückblick ablesen und daraus ein zeitlich und räumlich bestimmter Nachweis von hemmenden bzw. fördernden Einflüssen erbringen. Allerdings weiss man damit noch nichts über die Art einer festgestellten Schwächung. Diese kann nämlich aus extremer Witterung, Schädlingsbefall, Vergiftung durch Immissionen oder anderen unter Umständen zusammenwirkenden Ursachen erfolgt sein (vgl. SCHWEINGRUBER, 1987 und KONTIC et al., 1986). Die Schwierigkeit, auch einfache ursächliche Zusammenhänge in der Vergangenheit zu erkennen, behaftet noch stärker die anderen natürlichen Quellen. Spuren von zurückliegenden massiven Waldschäden liessen sich grundsätzlich auch in der chemischen und biologischen Zusammensetzung des Bodens, in der Art und dem Alter der gegenwärtigen Pflanzengesellschaft oder gar in der morphologischen Struktur der Erdoberfläche (Erosionsspuren) feststellen, wenn die naturgesetzlichen Zusammenhänge geklärt und alle menschlichen Einflüsse bekannt wären.

**Vom Menschen geschaffene (anthropogene) Quellen:**
Alte schriftliche und bildliche Darstellungen bilden die wichtigste Grundlage aller Geschichtsschreibung. Wer ein historisches Problem angehen will, muss sich zuerst um die Frage kümmern, ob überhaupt und wann in früheren Zeiten solche Darstellungen zu seinem Untersuchungsgegenstand angefertigt und bis heute von Archiven und Bibliotheken erhalten worden sind. Die Nachforschungen im Rahmen dieser Arbeit haben ergeben, dass beide Umstände, das Interesse an der Aufzeichnung von Beobachtungen über Waldschäden und die Aufbewahrung dieses Materials, hauptsächlich bei Naturforschern und staatlichen Forstämtern zusammenkamen. Nun reichen allerdings die Anfänge der modernen Naturwissenschaften und der modernen Forstwirtschaft nur ins 18. Jahrhundert zurück und die institutionelle Festigung erreichten beide in der Schweiz erst im Laufe des 19. Jahrhunderts. Wir können also in der Schweiz nicht vor dieser Zeit mit grösseren Mengen an brauchbaren Quellen rechnen. Die vorliegende Arbeit beginnt deshalb ihre Darstellung der Schäden mit dem Jahr 1850.

Die Palette der schriftlichen Quellen, die Aussagen über Schädigungen erlauben, ist recht gross:
- Berichte und Untersuchungen über einzelne Schäden.
- Waldbeschreibungen (vorwiegend aus ökonomischen Motiven).
- Berichte über Massnahmen zur forstwirtschaftliche Bewältigung von Schadenereignissen.
- Tabellen und Berichte von Jahreserträgen, die Zwangsnutzungen infolge von Schädigungen enthalten.
- Berichte über Populationen schädlicher Tiere.

Der überwiegende Teil der in dieser Untersuchung verarbeiteten Quellen gehört in die Gruppe der schriftlichen Schadenberichte. Sie sind in den forstlichen Zeitschriften der Schweiz und in den Staatsverwaltungsberichten einzelner Kantone zu finden. Die zusammenfassenden Angaben der jährlichen Verwaltungsberichte erwiesen sich dabei trotz ihrer Kürze als sehr geeignet: sie basieren auf dem flächendeckenden Informationssystem der jeweiligen Forstverwaltung und stellen eine Serie mehr oder weniger gleichartiger Quellen dar, die grosse Zeiträume lückenlos abdecken. Besonders wertvoll sind in diesen Berichten die Negativ-Meldungen, die schadenfreie Jahre auch ausdrücklich als solche anführen und damit zu erkennen geben, dass die Schadenhinweise nicht einfach weggelassen oder vergessen worden sind.

Fig. 1: Die wichtigsten Quellen und ihre zeitliche Erstreckung
Die Jahrzahlen entsprechen jeweils dem ersten und dem letzten systematisch ausgewerteten Jahrgang.



Nicht alle Regionen sind gleich gut dokumentiert. Bei der Darstellung der Schäden im anschliessenden 5. Kapitel sind deshalb einige gut belegte und repräsentative Grossregionen aus den drei Landesteilen Jura, Mittelland und Alpen ausgewählt worden. Dabei ist zu beachten, dass im Wallis vor 1900, in den übrigen Regionen mit Ausnahme von Zürich-Aargau-Luzern vor 1870, die Datensammlung in bezug auf kleinere und mittlere Schäden vermutlich nicht vollständig ist.

Weitere Vorbehalte betreffen den Begriff "Waldschaden". Spricht man von einer Beschädigung, dann hebt man sich implizit immer ab von einem normalen, unbeschädigten und damit erstrebenswerten Zustand. Der Historiker muss damit rechnen, kaum je in einer Quelle diese Ebene der selbstverständlichen Normalität mitreflektiert zu finden, und er muss vor allem davon ausgehen, dass sich diese Ebene im Laufe der Zeit, wenn auch meist unbemerkt, so doch ständig verschiebt. Das bedeutet für diese Arbeit, dass zwar wohl alle grösseren Schädigungen und kurzfristigen Veränderungen des Gesundheitszustandes herausgearbeitet werden können, dass aber offen bleiben muss, auf welchem Vitalitätsniveau sich die Bäume befunden haben. Die hier beigezogenen Quellen und ihre Auswertung erlauben beispielsweise keine Antwort auf die Frage, ob bei den Fichten ein Anteil von 29 % schwach geschädigter Bäume (15 - 25 % Nadelverlust) vor hundert Jahren zum normalen Bild gehörte.

In diesem Zusammenhang ist es hilfreich, verschiedene Krankheitsbegriffe zu unterscheiden (nach SCHWERDTFEGER 1981:21):

1. **Der physiologische Krankheitsbegriff.** Darunter ist eine Abweichung vom normalen Verlauf der Lebensvorgänge im Einzelorganismus zu verstehen, die diese oder Teile von diesen in seinem Gedeihen bedrohen.
2. **Der ökologische Krankheitsbegriff.** Hier besteht die Daseinsbedrohung in einer Störung des Beziehungsgefüges in einem bestimmten Lebensraum. Die Störung setzt die Selbstregelung, die das Oekosystem in einem mehr oder weniger schwankenden Gleichgewicht belässt, ausser Kraft.
3. **Der ökonomische Krankheitsbegriff.** "Unter der Norm, von der die Waldentwicklung im Krankheitsfalle abweicht, wäre dann nicht das biologische Geschehen, sondern der vom Menschen gesetzte wirtschaftliche Massstab zu verstehen. Im ökonomisch erkrankten Wald ist die Erreichung des angestrebten Wirtschaftsziels gefährdet."

Wer Krankheit physiologisch versteht, den interessiert vorwiegend das Einzelwesen, dessen Lebensprozesse gestört sind, und weniger ein ganzer Waldbestand oder ein ganzes Oekosystem. Wir dürfen diesen Begriff in erster Linie bei Physiologen, Mykologen und Entomologen erwarten. Die ökologische Betrachtungsweise, die vergleichsweise jünger und weniger verbreitet ist, wird sich an einem einzelnen kranken Baum nicht aufhalten, denn Absterben und Vergehen gehört in einem bestimmten Masse zum Erscheinungsbild eines funktionierenden Oekosystems. Die ökonomische Betrachtungsweise ist sicher unter den Forstleuten die dominierende. Den Wirtschafter interessieren vorwiegend das Ausmass einer Beschädigung bzw. der Umfang der waldbaulichen Beeinträchtigung. Physiologische und ökologische Zusammenhänge sind nur von Bedeutung sofern sie Hinweise auf Bekämpfungs- und Verhütungsmöglichkeiten liefern.

In den hier untersuchten Quellen dominiert der ökonomische Aspekt, so dass zwar in der Regel die gewünschten Angaben über Grösse und Umfang der Schädigungen zur Verfügung stehen, aber die Symptomatik nicht in der gleichen Weise angegeben wird, wie bei den modernen Erhebungen. Das Schadbild der aktuellen Waldschäden umfasst beispielsweise Merkmale wie (nach SCHUETT 1986):
- Kronenverlichtung,
- Feinwurzelschäden,
- Wuchsanomalien (Bsp. "Storchennester"),
- Nottriebe,
- Vorzeitiges Austreiben von Seitentriebanlagen,
- Gestörtes Verhältnis zwischen Lateral- und Terminaltrieben,
- Abwurf grüner Blattorgane (Belaubungs- und Benadelungsprozente).

Bis zum Ende des Untersuchungszeitraumes (1960) sind aber solche Merkmale erst bei "physiologischen" Analysen an Einzelbäumen erfasst worden. Die Dominanz des ökonomischen Aspekts bedeutet auch, dass geringe Schäden, d.h. mit Bezug auf die aktuellen Sanasilva-Erhebungen schwachgeschädigte Bäume mit 15-25% Nadel- oder Blattverlust, als ökonomisch wenig relevant betrachtet und in der Regel nicht oder nur beim Befall durch Schädlinge erfasst worden sind. Die alten Quellen berichten die Schäden überwiegend im Zusammenhang mit einer Ursache (beispielsweise dem Sturm, der Dürre oder dem Insektenfrass). Sie orientieren sich am einzelnen Schadenereignis und seiner forstwirtschaftlichen Bewältigung, während die aktuellen Erhebungen in erster Linie den Gesundheitszustand und seine kontinuierliche Entwicklung erfassen wollen.

## 4. SCHAEDEN

Dieses Kapitel gibt eine Uebersicht über die aus den oben beschriebenen Quellen erhobenen Schadenereignisse; sie basiert auf einer Datensammlung, die aus rund 4500 Einzelhinweisen in maschinenlesbarer Form besteht (BUETIKOFER 1987). Die Auswertung erfolgte über die Indexierung. Für jede Schadenursache getrennt wurden fünf verschiedene Schädigungsgrade unterschieden und anschliessend zur regionenweisen Bewertung der einzelnen Fälle anhand der überlieferten Beschreibungen verwendet. Dieses Vorgehen ergab eine Serie von Indices, die ursachenspezifisch für jedes Jahr und jede Grossregion der Schweiz die Intensität einer Schädigung angeben und dadurch eine zeitliche und räumliche Uebersicht in Form von grafischen Darstellungen ermöglichen.

### 4.1. Dürre

Als spezifische Dürreschäden gibt SCHWERDTFEGER in seinem Handbuch "Waldkrankheiten" (1981:67) Zuwachsverlust, Trockenrisse, erhöhte Disposition für Krankheiten und Schädlingsbefall, Ausscheiden empfindlicher Bestandesglieder an. Von diesen Schädigungsarten sind der Zuwachsverlust und die Disposition für Krankheiten während der Trockenzeit selber kaum

beobachtbar, sie können nur im Nachhinein aufgrund von Jahrring- und Triebanalysen bzw. Krankheitsgeschichten erfasst werden. Dabei ist zu beachten, dass das Triebwachstum beispielsweise bei Buchen erst in den Jahren nach der Dürre eine Reaktion zeigt, da es bereits Ende Mai abgeschlossen ist und im wesentlichen auf der Basis von Reservestoffen geschieht, die im Vorjahr angelegt worden sind (BRAUN/FLUECKIGER 1987).

Die Schädigungen, die im Quellenmaterial der Dürre zugeschrieben werden, sind im folgenden aufgelistet und nach ihrer Intensität geordnet. Der Schädlingsbefall als Auswirkung der Dürre wird weiter unten separat dargestellt.

Hier ist zu beachten, dass der erhöhte Dürrholzanfall häufig erst im folgenden Frühjahr festgestellt wurde (z.B. 1907/08, 1912/13, 1922-24, 1930 oder in den 1940er Jahren) und grundsätzlich auch anderen Ursachen zugeschrieben werden konnte (z.B. den Schädlingen). Extreme Dürreperioden hatten im Wald ausserdem noch bis ins 20. Jahrhundert hinein jeweils durch den Menschen verursachte Folgeschäden, indem die Bauern regelmässig bei der Futterbeschaffung von den ausgetrockneten Feldern auf das Gras und Laub des Waldes ausweichen mussten (z.B. in Schaffhausen 1911).

Die Schäden sind in Figur 2 grafisch dargestellt. Beschrieben werden die einzelnen Dürreperioden im Kapitel 6.

Tab. 1: Indexstufen der Dürreschäden

---

1: Die Saaten und die im vorangehenden Frühling bzw. Herbst angelegten Kulturen werden geschädigt. Die Samen keimen nicht, die jungen Pflanzen trocknen aus und sterben teilweise ab.

2: Der Abgang in den frisch angelegten Pflanzungen übersteigt 60 % der Pflanzen und auch ältere Kulturen werden geschädigt durch Verlust des Laubes und vereinzeltes Absterben empfindlicher Exemplare.

3: An älteren Bäumen verfärben sich die Blätter und fallen teilweise frühzeitig ab. Vereinzelt sterben exponierte und gechwächte Bäume (Dürrholz, das jedoch häufig erst im Folgejahr festgestellt werden kann). Trockenrisse in den Stämmen können beobachtet weden. Verschiedene Kulturen erleben einen vollständigen Ausfall.

4: Alte und mittelalte Bäume verlieren über weite Strecken mehr als 60 % ihrer Belaubung. Exponierte Bäume empfindlicher Arten in der Reihenfolge: Fichte, Strobe, Bergahorn, Weisstanne, Lärche, Douglasie, Buche, Esche, Eiche, Linde; (nach SCHWERDTFEGER 1981: 68) sterben in grösserem Umfange ab (beträchtlich erhöhter Dürrholzanfall).

5: Alte und mittelalte Bäume sterben gruppenweise ab. Auch wenig empfindliche Arten sind betroffen.

---

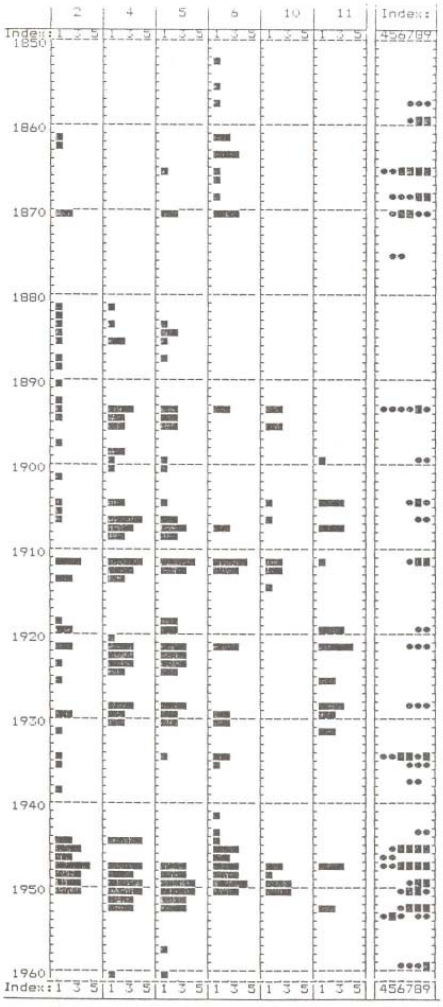



Fig. 2: Dürreschäden 1850-1960

Indices (1-5) der Schäden pro Jahr und Region: Die Länge der Balken gibt die Intensität der Schädigungen an.

Dürreindices pro Monat: April (4) bis September (9):
Kreis (●): Index 3 bis 7
Rechteck (■): Index 8 und mehr
(Vgl. auch Kap. 6)

Regionen:
2: Nordostschweiz (Schaffhausen, Thurgau)
4: Jura
5: Mittelland (Bern, Oberaargau, Solothurn)
6: Mittelland (Zürich, Aargau, Luzern)
10: Alpen (Innerschweiz bis Rheintal)
11: Wallis

4.2. Frost

Fröste können nach der Zeit ihres Eintretens in Frühfröste (August bis November), Winterfröste (Dezember bis März) und Spätfröste (April bis Juli) unterteilt werden. Dies ist sinnvoll, weil die Pflanzen in unseren Breitengraden fähig sind, eine der Jahreszeit angepasste Frostresistenz zu erlangen (vgl. LARCHER und HAECKEL 1985). Verschiedene Faktoren können die Frostresistenz beeinflussen und spielen bei den Schäden in der Vergangenheit vermutlich eine Rolle, ohne dass jedoch die Quellen darüber Auskunft geben:

- Der Ernährungszustand: "Kümmerliche, unausgereifte und unzureichend mit Kohlenhydratreserven ausgestattete Pflanzen sind schlecht abhärtbar" (LARCHER und HAECKEL 1985: 238).
- Eine verkürzte Vegetationsperiode und Lichtmangel (z.B. durch Dichtstand) vermindern die Resistenz.
- Bereits bestehende Schädigungen wirken sich ebenfalls negativ aus.
- Das Alter: Junge Pflanzen leiden regelmässig mehr, weil in Bodennähe die Temperaturextreme grösser sind.
- Die genetische Disposition, die hauptsächlich durch die Provenienz der Samen gegeben ist.

**Frühfröste:**
Frühfröste waren selten und ohne grössere Bedeutung. In den untersuchten Quellen wurden sie kaum registriert, sie sind deshalb in der Figur 3 auch nicht berücksichtigt worden.

**Winterfröste:**
Winterfröste kommen hauptsächlich durch den Einbruch kalter, polarer Luftmassen zustande, die in der Regel die ganze Schweiz oder grosse Teile davon erfassen. Eine regionale Differenzierung ist deshalb kaum möglich. Ausserdem verursachten in der Zeit der Untersuchung nur wenige Winterfröste grössere Schädigungen.

**Spätfröste:**
Spätfröste schädigen bereits ab wenigen Minusgraden junge Blätter, Blüten und Triebe. Solche Auswirkungen sind in der Regel gut und vor allem relativ schnell nach dem Frostereignis sichtbar, so dass anzunehmen ist, dass alle grösseren Fälle verzeichnet worden sind.

Die Beurteilung der Frostschäden in Figur 3 erfolgte nach den Intensitätsgraden, die in Tabelle 2 dargestellt sind.

**Die wichtigsten Schadenereignisse:**

**26.April 1854:** Im Kanton Zürich wird das Buchen- und Eichenlaub fast völlig vernichtet.

**1866/67:** Verschiedene Spätfröste im Mai "versengen" die jungen Triebe.

**Winterfrost 1879/80:** Zahlreiche Stämme rissen unter lautem Knallen der Länge nach auf. Nadelbaumkronen an südexponierten Hängen, in Randlage und freier Stellung verfärbten sich rotbraun. Die Bäume erholten sich im

Laufe des Jahres, und nur in höheren Lagen der Alpen starben viele 5 bis 30 jährige Kulturen ab (COAZ 1882).

**19./20.Mai 1880:** Starke Schäden im ganzen Land vor allem an Jungwüchsen.

Die Zeit von **1880 bis 1900** ist gekennzeichnet durch eine Häufung von grösseren Winter- und Spätfrostschäden.

**6./7.Mai 1893:** Im Jura erfroren die neuen Blätter an Obst- und Waldbäumen bis auf eine Höhe von 600 m.ü.Meer vollständig.

**Mai 1895:** Ab 700 bis 1000 m.ü.M. verlor die Buche ihre neue Belaubung. Im Juni entstand neues Laub.

**Mai 1897:** Jungwüchse waren wochenlang "wie versengt". Es litten vor allem die jungen Triebe der Weisstannen und die Buchenjungwüchse.

**13.April 1913:** Die Temperatur fiel auf -7 °C; der Schaden war nicht total, weil der Laubaustrieb noch kaum begonnen hatte.

**12. und 16.Mai 1923:** Im Jura wurden sämtliche Buchen zwischen 800 und 1200 m.ü.Meer gebräunt und die Jahrestriebe vernichtet.

Tab. 2: Indexstufen der Frostschäden

---

1: Saaten und junge Pflanzungen in exponierten Lagen werden beschädigt (bei Spätfrösten an Knospen oder neuen Trieben).

2: Winterfröste: Nadelverfärbung an Bäumen in exponierten Lagen. Schwere Schäden an Jungwüchsen.
Spätfröste: Saaten und junge Pflanzungen werden mehrheitlich an Knospen oder neuen Trieben beschädigt; junge Pflanzen an exponierter Stellen sterben ab.

3: Winterfrost: Vereinzelt Bildung von Frostrissen. Nadelverfärbungen an Bäumen aller Lagen. Nussbäume sterben zum Teil ab.
Spätfröste: Alte und mittelalte Bäume in exponierter Lage werden an ihren neuen Blättern und Trieben geschädigt. Grosse Teile von Jungwüchsen werden schwer geschädigt.

4: Winterfrost: Bäume empfindlicher Arten sterben ab.
Spätfrost: Alte und mittelalte Bäume aller Arten büssen generell neue Blätter, Blüten und Triebe ein.

5. Winterfrost: Bäume aller Arten sterben ab.
Spätfrost: Alte und mittelalte Bäume aller Arten verlieren neue Triebe oder Blätter. Geschwächte Bäume sterben ab.

---

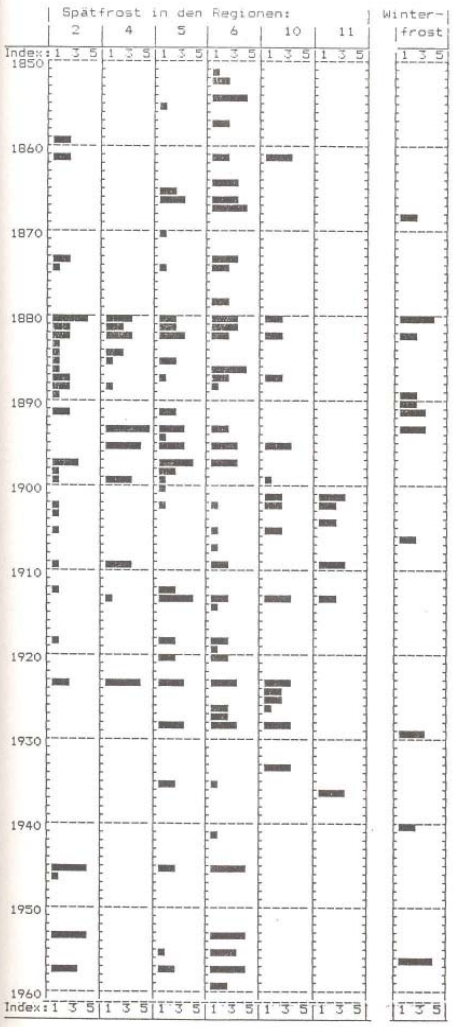
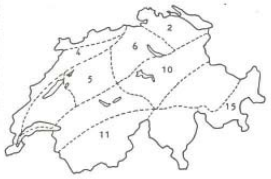



Fig. 3: Frostschäden 1850-1960

Indices (1-5) der Schäden pro Jahr und Region: Die Länge der Balken gibt die Intensität der Schädigungen an.

Die Winterfrostschäden sind regional nicht differenziert und beziehen sich auf die ganze Schweiz.

Regionen:
2: Nordostschweiz (Schaffhausen, Thurgau)
4: Jura
5: Mittelland (Bern, Oberaargau, Solothurn)
6: Mittelland (Zürich, Aargau, Luzern)
10: Alpen (Innerschweiz bis Rheintal)
11: Wallis



**1.Mai 1945:** Die jungen Triebe aller Holzarten wurden bei -6 °C grösstenteils vernichtet.

**8.-11.Mai 1953:** Blüten und neue Triebe der Laubbäume wurden vernichtet. Wochenlang waren ganze Talhänge bis in halbe Höhe rot.

**Winterfrost 1955/56:** Ein Temperatursturz von über 20 °C im Februar nach einer langen sehr milden Periode verursachte Frostrisse und den Abgang zahlreicher exponierter Bäume.

**7.-9.Mai 1957:** Bei -7 °C erfroren die neuen Triebe von Laub- und Nadelholz fast vollständig.

## 4.3. Sturm- und Schneebruch

Windfall und Schneebruch sind augenfällige Schädigungen und wurden immer schon registriert. Oft gab die Verwertung grosser Schadholzmengen auch ökonomische Probleme, die gelöst werden mussten. An den Beschädigungen sind in erster Linie die gefällte Holzmenge und die räumliche Verteilung der Würfe oder Brüche registrierbar. Der Vergleich der verschiedenen Berichte über einzelne Ereignisse zeigte, dass jegliche Mengenangaben mit höchster Vorsicht zu behandeln sind. Die Werte differieren von Autor zu Autor sehr stark. Dies ist verständlich, wenn man bedenkt, dass Schätzungen für grössere Gebiete generell sehr schwierig sind und genauere Erhebungen nur durch eine gut funktionierende Forstverwaltung einige Zeit nach dem Ereignis möglich sind. Hohe Schätzungen wirkten sich ausserdem ungünstig auf die Holzpreise aus, so dass tendenziell wohl eher zu wenig angegeben wurde. Wir gehen aber davon aus, dass die Angaben in den Grössenordnungen stimmen; sie sind nämlich das wichtigste Kriterium zur Indexierung der Schäden (Tabelle 3). Wo keine Hinweise auf die Menge des geschädigten Holzes vorhanden waren, habe ich die verbalen Prädikate zur Einstufung beigezogen. Für grosse Ereignisse waren allerdings immer in irgendeiner Quelle Schätzungen zu finden. Wo auch diese fehlten, aber trotzdem von Windfall oder Schneebruch die Rede war, ist ihnen der Wert 1 zugeordnet worden. Bei unsicheren Angaben ist die Bewertung in Figur 4 eher zu tief erfolgt.

**Die wichtigsten Schadenereignisse:**

**November 1875:** Herbststürme, die im schweizerischen Mittelland grosse Schäden verursachten.

**20.Feb. 1879, Weststurm:** Die stärksten Schäden entstanden längs des Jurasüdfusses. Nach Berechnung des Bundesrates fielen rund 600'000 $m^3$ Schadholz an.

**28.Sept. 1885, Schneebruch:** Rund 200'000 $m^3$ Schadholz in der ganzen Schweiz. Schäden entstanden hauptsächlich an Nord- und Osthängen ab 700 m.ü.Meer.

**19.Aug. 1890, Wirbelsturm:** Regional auf das Vallée de Joux beschränkt. Dort fielen rund 300'000 $m^3$ Schadholz an.

**23.Okt. 1896, Schneebruch:** Schäden entstanden vor allem im Berner Mittelland (42'400 $m^3$ Bruchholz) und in geringerem Masse im Jura.

**18.-21.Mai 1906, Schneebruch:** Grosse Schäden im Hügelgebiet des Mittellandes (900 - 1200 m.ü.M.).

**19.Jan. 1910, Schneebruch:** Betraf die ganze Schweiz. Im Berner Mittelland bspw. rund 140'000 $m^3$ Bruchholz.

**22.Dez. 1911, Weststurm:** Grosse Schäden an der vorderen Jurakette. In den Kantonen Bern und Neuenburg fielen rund 100'000 $m^3$ Schadholz an.

**4./5.Jan. 1919, Föhnsturm:** Schäden in der ganzen Schweiz. Im Kanton St.Gallen rund 201'300 $m^3$ Schadholz.

**30.März-2.April 1919, Schneebruch:** Betraf vor allem die Ostschweiz. Im Kanton Zürich allein rund 75'000 $m^3$ Bruchholz.

**23.Nov. 1930, Weststurm:** Richtete im Mittelland grosse Schäden an; im Kanton Solothurn fielen allein 97'000 $m^3$ Holz an.

**23.Feb. 1935, Weststurm:** Grösste Schäden im Jura und westlichen Mittelland. Nach Berechnungen des Bundesrates fielen in den Kantonen Bern, Luzern, Freiburg, Solothurn, Aargau und Waadt zusammen rund 500'000 $m^3$ Holz an.

**9.Dez. 1954, Föhnsturm:** Vor allem in der Ostschweiz. Im Forstbezirk Sargans entstanden allein 98'000 $m^3$ Schadholz.

Tab. 3: Indexstufen der Sturm- und Schneedruckschäden

---

1: Schadholzmenge pro Region <1000 $m^3$. "Einiger" / "nicht unerheblicher" / "etwas" Schaden.

2: Schadholzmenge pro Region 1000 - 10'000 $m^3$. "Bedeutender" / "beträchtlicher" / "wesentlicher" / "empfindlicher" / "grosser" Schaden.

3: Schadholzmenge pro Region 10'000 - 50'000 $m^3$.

4: Schadholzmenge pro Region 50'000 - 300'000 $m^3$.

5: Schadholzmenge pro Region >300'000 $m^3$.

---

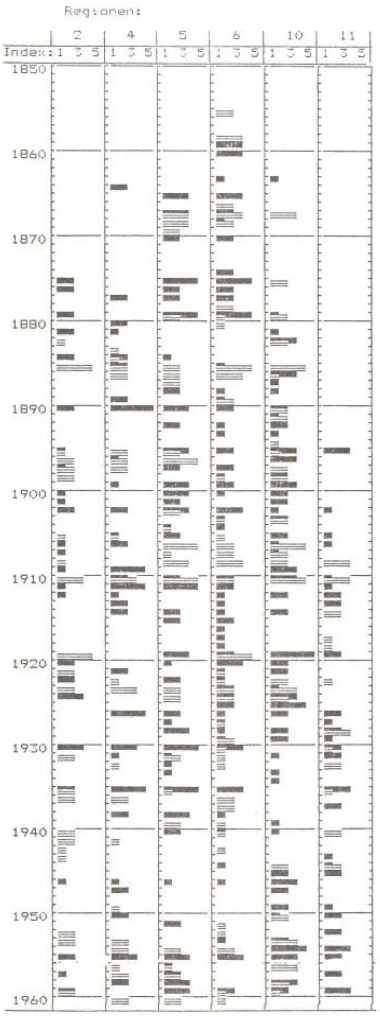



Fig. 4: Sturm- und Schneebruch-schäden 1850-1960

Indices (1-5) der Schäden pro Jahr und Region: Die Länge der Balken gibt die Intensität der Schädigungen an.

Regionen:
2: Nordostschweiz (Schaffhausen, Thurgau)
4: Jura
5: Mittelland (Bern, Oberaargau, Solothurn)
6: Mittelland (Zürich, Aargau, Luzern)
10: Alpen (Innerschweiz bis Rheintal)
11: Wallis

■ = Sturmschaden
≡ = Schneedruckschaden

## 4.4. Insektenschäden

Die Insekten nehmen unter den pathogenen Organismen eine hervorragende Stellung ein. Sie leben meist als Parasiten auf den Holzpflanzen. Viele forstschädliche Insekten sind 'Schwächeparasiten', das heisst sie können nur Wirtspflanzen befallen, die bereits geschwächt sind. Die meisten Insekten neigen zu zyklischen Massenvermehrungen (Ueberpopulationen), wobei sie regelmässig eine bestimmte Anlaufzeit und günstige äussere Bedingungen benötigen, um massive Schäden anzurichten, da die Fruchtbarkeit, etwa im Vergleich zu den Pilzen, relativ gering ist und der Generationenwechsel zum Teil längere Zeitspannen benötigt. Die Fluktuation der Populationen wird von verschiedenen Faktoren gesteuert: der Konstitution der Insekten, der Nahrung, der Temperatur, der Feuchtigkeit, dem Licht, dem Wetter, den Feinden und den Krankheitserregern.

Zur Beurteilung der vergangenen Insektenschäden standen Angaben unterschiedlicher Qualität zur Verfügung. Die Populationsdichte war für die jeweiligen Beobachter schwer abzuschätzen und wurde in den Quellen nur bei Veränderungen genannt ("Vermehrung", "Verminderung"). Angaben über die Grösse des Herdes (befallene Fläche) sind ebenfalls mit Vorsicht zu behandeln, kann sich diese doch recht schnell ändern. In den meisten erhobenen Fällen konnte aber eine lokale von einer regionalen Verbreitung unterschieden werden.

Die Schäden aller Insektenarten wurden für die Darstellung (Figuren 5 bis 7) nach einheitlichen Kriterien mit Indices bewertet (Tabelle 4). Massenvermehrungen werden gewöhnlich erst in einem Stadium gemeldet, in dem bereits erhebliche Schädigungen erfolgt sind. Um diese Anlaufzeit zu

Tab. 4: Indexstufen der Insektenschäden

| | |
|---|---|
| 1: | Das Vorkommen des Schädlings über dem normalen Rahmen wird wahrgenommen; Schäden werden keine gemeldet. (Viele beiläufig gemachten Hinweise, aus denen nichts über das Ausmass der Schäden zu erfahren war, sind dieser Stufe zugeordnet worden.) |
| 2: | Lokale Schadenherde. Regional ist eine erhöhte Population, die zum Teil bereits leichte Schäden verursacht hat, wahrgenommen worden. |
| 3: | Lokaler ausserordentlicher Herd, der massive Schäden verursacht hat. Regionaler Schaden mit mittlerem Ausmass. (Mehrere Herde oder gleichmässiger Befall) |
| 4: | In regionalem Rahmen starke Schäden. (Verbreiteter Befall, absterbende Bäume) |
| 5: | Starker allgemeiner Befall, der bei den meisten Bäumen ein Absterben zur Folge hat. |

berücksichtigen und die allgemeine Tendenz zur Uebertreibung angesichts von Insektenmassen, deren Populationsdichte auf dem Kulminationspunkt angelangt sind, auszugleichen, sind in den grafischen Darstellungen die Indices als dreijährig gleitende Mittel nach der Formel (a+4b+2c):7 dargestellt worden.

**Borkenkäfer:**

Borkenkäferbefall war seit langem als Ursache massiver Waldschäden bekannt und wurde im 18. Jahrhundert als erste Waldkrankheit wissenschaftlich untersucht. "Die grossen Verheerungen Anfang der 80er Jahre des 18.Jahrhunderts in den Fichtenbeständen des Harzes veranlassten eine ganze Reihe von Veröffentlichungen über diese Kalamität, die als erste Spezialarbeiten auf forstentomologischem Gebiet gelten können" (KEHR 1964: 51). Der Name 'Borkenkäfer' taucht 1793 in Deutschland zum ersten Mal auf. Borkenkäferbefall wird aber noch bis ins 19.Jahrhundert allgemein als 'Wurmtrocknis', 'Baumtrocknis' oder einfach 'Trocknis' bezeichnet. Weniger spezifisch, weil auch nicht vom Borkenkäfer verursachte Dürreerscheinungen gemeint sein können, sind die Ausdrücke 'Darre', 'Pest' und 'Baumpest'(Ebd.: 53).

Die Vermehrung der Borkenkäfer steht in engem Zusammenhang mit der Witterung, insbesondere mit der Wärme und der Trockenheit. Die einzelnen Phasen starker Schädigungen werden deshalb in Kapitel 7 im Zusammenhang mit Dürreerscheinungen näher beschrieben.

Die Fluktuation der Borkenkäferpopulation kann als zyklisch angesehen werden, wenn man eine variierende Länge von 8 bis 12 Jahren pro Zyklus gelten lässt.

Im Zusammenhang mit Borkenkäferkalamitäten darf die Rolle der Oeffentlichkeit nicht vergessen werden. Weil sich Borkenkäferbefall erst nach einiger Zeit, dann aber praktisch von einem Tag auf den andern durch Abdorren der Bäume zeigt, hat sich jeweils ein grösseres Publikum für das Phänomen interessiert und es meist überbewertet. Die Forstleute sahen sich oftmals genötigt, die Oeffentlichkeit zu beruhigen. Sie taten dies vermutlich auch im eigenen Interesse, denn nach gängiger Auffassung entstanden Käferherde in unvollständig oder zu spät weggeräumtem, liegendem Holze und über ihre Aufsichtspflicht waren die Förster in solchen Situationen mitverantwortlich.

Im Kanton Bern lassen sich zwei Regionen ausmachen, die bei jeder Kalamität befallen wurden: die Wälder an der unteren Emme und die Südhänge der vordersten Jurakette. Die Weisstannenwälder am Jurahang wurden in der zweiten Hälfte der 1940er Jahre praktisch vollständig ruiniert. Ein Vorgang ähnlichen Ausmasses muss sich bereits zwischen 1800 und 1808 abgespielt haben. Der bernische Forstmeister GRUBER hielt im Jahre 1808 fest: "Seit 1800 ist ein grosser Teil des Stadtwaldes von Nidau am Jura gelegen, abgedorrt, diess war aber kein Rotthannenwald, sondern ein schöner Weisstannenwald der an einer Mittags-Seite auf kalkartigem Boden stand,...daher starben an denen mittäglichen Abhängen des Jura nicht etwa einzelne Bezirke sondern ganze Bergseiten von Weisstannen Wäldern seit

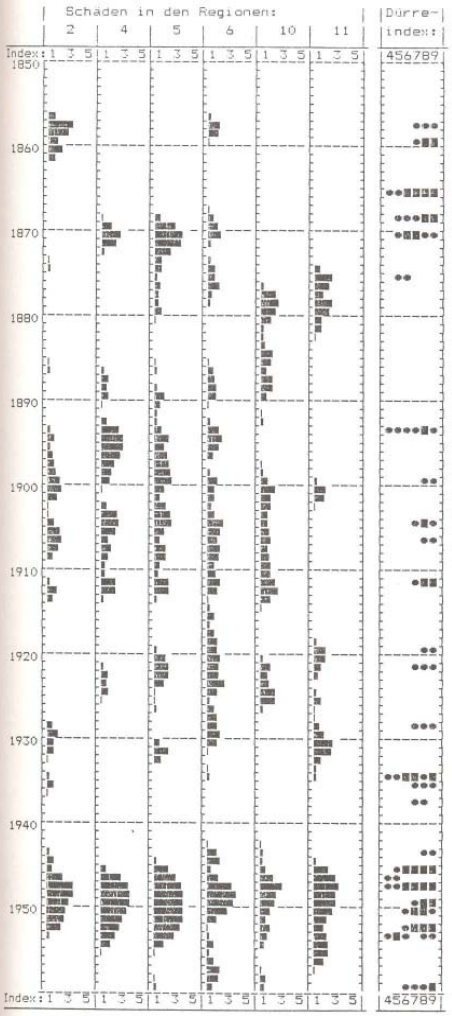
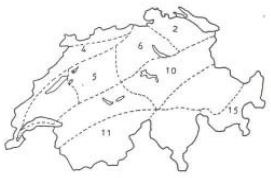



Fig. 5: Borkenkäferschäden 1850-1960

Indices (1-5) der Schäden pro Jahr und Region: Die Länge der Balken gibt die Intensität der Schädigungen an.
Glättungsformel: (a+4b+2c):7

Dürreindices pro Monat: April (4) bis September (9):
Kreis (●): Index 3 bis 7
Rechteck (■): Index 8 und mehr
(Vgl. auch Kap. 6)

Regionen:
2: Nordostschweiz (Schaffhausen, Thurgau)
4: Jura
5: Mittelland (Bern, Oberaargau, Solothurn)
6: Mittelland (Zürich, Aargau, Luzern)
10: Alpen (Innerschweiz bis Rheintal)
11: Wallis



1800 ab..." (Staatsarchiv Bern, B.VI.692: 243ff.). Auch von 1893 bis 1907 erden durchgehende, allerdings weniger schlimme Schäden gemeldet.

**Motten und Wickler:**

Die Familien der Motten (Tineidae) und der Wickler (Tortricidae) besitzen viele Aehnlichkeiten und scheinen manchmal auch verwechselt worden zu sein. Der bedeutendste Schädling dieser beiden Familien ist der **Graue Lärchenwickler** (Zeiraphera diniana Gn.). Er taucht in den Quellen bis ins 20. Jahrhundert auch unter den Bezeichnungen 'Tortrix pinicolana Zell.' oder 'Steganoptycha pinicolana' auf; in französischen Texten wird er meist 'pyrale grise' genannt. Er taucht praktisch nur im Alpenraum auf. Im Engadin (Region 15) und im Wallis (Region 11) haben die Massenvermehrungen einen ausgesprochen zyklischen Charakter (vgl. Figur 5 und BALTENSWEILER 1978). Im Engadin und im Rhonetal sind zum Zeitpunkt der Kulmination die Lärchenbestände jeweils vollständig befallen. Erfolgt der Frass der Raupen frühzeitig im Jahr, dann treiben die Lärchen in der Regel im Spätsommer ein zweites Mal aus. Der zwei- bis dreijährige Massenfrass eliminiert die schwächeren Bäume und schädigt die widerstandsfähigen durch Zuwachsverlust.

Ebenfalls zwei bedeutende Massenvermehrungen sind für den **Tannentriebwickler** (Choristoneura murinana Hb.) und den **rotköpfigen Tannenwickler** (Zeiraphera rufimitrana H.S.) belegt. Sie tauchen in den Quellen meist unter der Bezeichnung Tortrix (oder Steganoptycha) murinana resp. rufimitrana K.S. auf. Die beiden Massenvermehrungen finden von 1890 bis 1892 und zwischen 1906 und 1911 in den Weisstannengebieten des Mittellandes, des Juras und des Pays d'Enhaut statt (Regionen 4 bis 6, 8 und 9).

Unter den Motten trat überwiegend die **Lärchenminiermotte** (Coleophora laricella Hb.) in Erscheinung. Sie wird meist mit 'Tinea laricella' oder 'T. laricinella' bezeichnet. Von ihr werden ebenfalls grossflächige Massenvermehrungen berichtet, die allerdings nie den Umfang von Lärchenwickler-Kalamitäten annahmen. Nennenswerte Schäden verursachte sie sowohl in der Alpenregion als auch im Mittelland (Zürich, Ostschweiz). Die **Arvenmotte** (Ocnerostoma copiosella v. Heydt.) verursachte zweimal grössere Schäden im Engadin (1895 und 1901). Daneben werden in den Berichten noch die **Ahornmotte** (Alpenraum 1905) und eine **"Gespinstmotte"** (Aargau 1918) erwähnt.

**Uebrige Schadinsekten:**

Die **Maikäfer** (hauptsächlich Melolontha melolontha L.) erscheinen alle drei Jahre während ihres Flugjahres im Frühling und fressen die jungen Blätter der Laubbäume und der Lärche. Die Quellen berichten immer wieder, dass vor allem die Eichen in Perioden der Massenvermehrung stellenweise kahl gefressen wurden. Die betroffenen Bäume tragen nach SCHWERDTFEGER (1981:158) keine gravierenden Schäden davon. Sie treiben bald wieder ('Johannistrieb'), und der Zuwachsverlust bleibt erträglich, aber die Eichelmast bleibt mehr oder weniger aus.

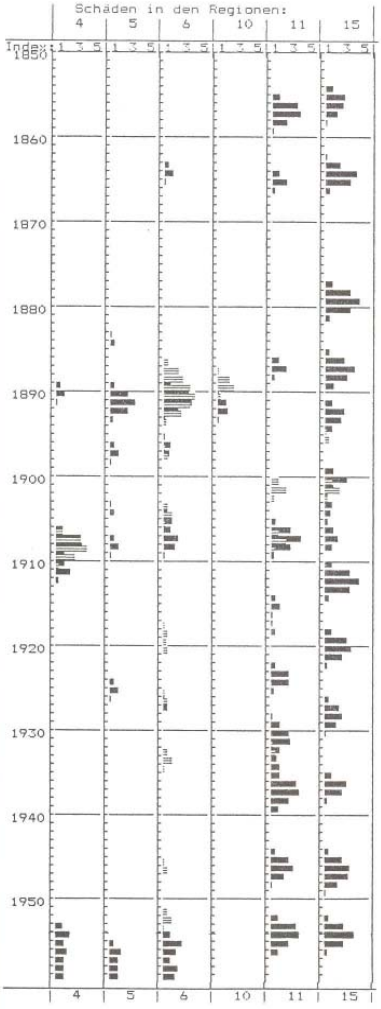



Fig. 6: Motten- und Wicklerschäden 1850-1960

Indices (1-5) der Schäden pro Jahr und Region: Die Länge der Balken gibt die Intensität der Schädigungen an.

Regionen:
4: Jura
5: Mittelland (Bern, Oberaargau, Solothurn)
6: Mittelland (Zürich, Aargau, Luzern)
10: Alpen (Innerschweiz bis Rheintal)
11: Wallis
15: Engadin

■ = Wicklerschäden
≡ = Mottenschäden

Die Schäden des **Engerlings** in Saatschulen und Kulturen waren dagegen weit bedeutender, sie konnten oft bis zum Totalausfall gehen und zur Aufgabe einzelner Saatschulen führen. Die starken Schäden an den Kulturen in der Zeit von 1840 bis 1880 haben ihre Ursache zum Teil in waldbaulichen Massnahmen. In dieser Zeit wurde vor allem im Aargau sehr ausgeprägt landwirtschaftliche Zwischennutzung getrieben. Nach dem Kahlschlag mit Stockrodung baute man auf den Parzellen ein paar Jahre lang Kartoffeln oder Getreide an und pflanzte nach ein oder mehr Jahren zwischen den Ackerfrüchten wieder Waldbäume an. Diese offenen Ackerflächen lockten die Maikäfer massenweise zur Eiablage an, was im folgenden Jahr einen massiven Wurzelfrass durch die Engerlinge zur Folge hatte.

Unter den **Läusen** (Familien Lachnidae, Adelgidae und Coccidae) sind die Dreyfusia-Arten sehr berüchtigt geworden. Die **Tannentrieblaus**, Dreyfusia nordmannianae Eckst. (oder: Dreyfusia nüsslini C.B.) wurde in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts nach Mitteleuropa aus dem Kaukasus- und Krimgebiet eingeschleppt (SCHWERDTFEGER 1981: 149). In den ausgwerteten Quellen tauchen die Tannentriebläuse erstmals um 1885 auf. Ab 1885 wurden rund 90 % der Lausschäden von Dreyfusia-Arten verursacht. Eigentliche Massenvermehrungen in verschiedenen grossen Herden kommen nur im Mittelland (Embrach/ZH, Aargau, Jurasüdfuss bei Neuenburg) und im östlichen Jura (Baselland) vor. Ausgeprägte Massenwechsel liegen nicht vor. Die Tannentriebläuse scheinen sich vielmehr in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts im Schweizerischen Mittelland ausgebreitet und dort, wo sie sich festgesetzt hatten, permanent Verheerungen angerichtet zu haben.

In den Familien der **Blattwespen** (Tenthredinidae, Pamphilidae, Diprionidae, Cynipidae) besitzen zwei Arten grössere forstliche Bedeutung: Die **kleine Fichtenblattwespe** (Pristiphora abietina, in den Quellen meist Nematus abietum Htg. genannt) und die **Kiefernbuschhornblattwespe** (Diprion pini L., in den Quellen meist Tenthredo pini oder Lophyrus pini genannt). Schädigungen wurden hauptsächlich im Mittelland gemeldet und meist nur in kleinen, lokal begrenzten Herden. Der Massenwechsel scheint wenig ausgeprägt. Die kleine Fichtenblattwespe neigt zu permanenter Ueberpopulation (Bsp. Bülach/ZH: Höhragenwald 1909 bis 1930).

Zur Familie der **Eulen** (Noctinidae) gehört ein berüchtigter Schädling der Kiefer: die **Kiefern- oder Forleule** (Panolis flammea Schiff., in den Quellen Panolis piniperda). In Deutschland verursachten Massenvermehrungen dieser Schmetterlingsart den Ruin grosser Kiefernwaldungen. In der Schweiz, in der es nur wenige grossflächige Kiefernbestände gibt, trat er nur zweimal schädigend in Erscheinung: 1897 und 1947 im Pfynwald bei Sierre/VS.

Von der Familie der **Glucken** (Lasiocampidae) trat nur der **Kiefernspinner** (Dendrolimus pini L., in den Quellen Gastropacha pini Ochs. oder Lasiocampa pini L.) in Erscheinung. Auch seine Möglichkeiten zur Massenvermehrung sind in der Schweiz aus Mangel an grösseren Kiefernbeständen beschränkt.

Unter den **Rüsselkäfern** (Curculionidae) richteten mehrere Arten Schäden an. Massenvermehrungen gab es mehrere mit Schwergewicht im Mittelland

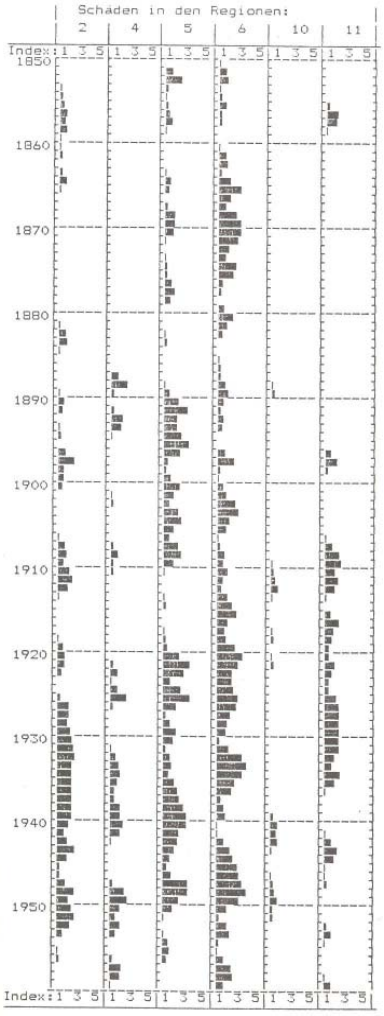
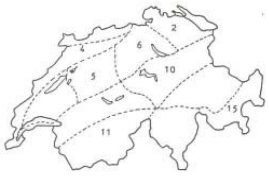



Fig. 7: Insektenschäden 1850-1960 (ohne Borkenkäfer, Motten und Wickler)

Indices (1-5) der Schäden pro Jahr und Region: Die Länge der Balken gibt die Intensität der Schädigungen an.
Glättungsformel: (a+4b+2c):7

Regionen:
2: Nordostschweiz (Schaffhausen, Thurgau)
4: Jura
5: Mittelland (Bern, Oberaargau, Solothurn)
6: Mittelland (Zürich, Aargau, Luzern)
10: Alpen (Innerschweiz bis Rheintal)
11: Wallis



(1851/52, 1874/75, 1892, 1896/97, 1911/12, 1921/22). Sie erreichten jedoch nie katastrophales Ausmass.

Von zwei Arten der Familie der **Wollspinner** (Lymantriidae) werden Massenvermehrungen berichtet: der **Nonne** (Lymantria monacha L., in den Quellen auch Bombix monacha) und dem **Schwammspinner** (Lymantria dispar L., in den Quellen Ocneria/Bombix/Liparis dispar). Vier jeweils nur kurze Massenvermehrungen des Schwammspinners finden 1888 (Orvin/BE), 1907 bis 1909 (Isérables/VS) und 1924 resp. 1930 (Tessin) statt. Nur eine einzige Massenvermehrung ist bei der Nonne bekannt: 1921/22 in Ernen/VS. Leicht erhöhte Populationen werden jedoch auch 1890 bis 1892 aus dem Thurgau gemeldet. Hier dürfte es sich um Ueberflüge aus dem Katastrophengebiet in Süddeutschland gehandelt haben. Der Kahlfrass der Nonne auf riesigen Flächen im Nachbarland hat in der Schweiz zu grossen, aber schliesslich unbegründeten Befürchtungen Anlass gegeben.

Unter den **Prozessionsspinnern** (Thaumetopoeidae) ist der Raupenfrass dreier Arten von forstlicher Bedeutung: der **Eichenprozessionsspinner** (Thaumetopoea processionea L.), der **Kiefernprozessionsspinner** (Thaumetopoea pinivora Tr.) und der **Pinienprozessionsspinner** (Thaumetopoea pityocampa Schiff.). Alle Arten tauchen in den Quellen auch unter den Bezeichnungen Cnethocampa oder Gastropacha auf. In der Schweiz haben die Raupen der Prozessionsspinner nur im Wallis grosse Schäden angerichtet. In dieser Region ist auch ein zyklischer Massenwechsel zu erkennen. Die Kulminationspunkte der Massenvermehrungen 1904, 1917, 1930 und 1943 trennen jeweils Zyklen von 13 Jahren.

Die Meldungen über **Prachtkäfer** (Buprestidae) stammen aus den 1940er und 1950er Jahren und betreffen ausschliesslich die Art Agrilus viridis (Buchenprachtkäfer). Die damalige Massenvermehrung steht in engem Zusammenhang mit den extrem trockenen 1940er Jahren; sie erfasste neben der Nordostschweiz weite Teile Süddeutschlands.

Figur 7 stellt die Massenvermehrung derjenigen Insekten dar, die hier unter 'Uebrige' behandelt werden. Sie basiert auf den nach Familien differenzierten Angaben in BUETIKOFER (1987). Diese Figur ist mit Vorsicht zu betrachten, weil die einzelnen Familien in bezug auf die Schäden, die sie anrichten, unterschiedliches Gewicht besitzen. Trotzdem ergibt sie ein generelles Bild der Veränderungen im Befall.

## 4.5. Pilze

Pilzerkrankungen an Waldbäumen sind häufig, treten aber im allgemeinen nur in beschränktem Ausmass auf (SCHWERDTFEGER 1981: 261ff.). Die Massenerkrankung hängt von verschiedenen Bedingungen ab:

- Von der Fruchtbarkeit der Pilze: Sie ist bei Pilzen generell sehr hoch.
- Von der Sporenentstehung: Sie erreicht ihr Maximum bei Temperaturen zwischen 20 und 30°C.
- Von der Sporenkeimung: Sie benötigt eine hohe relative Luftfeuchtigkeit. Der für die Keimung optimale Temperaturbereich ist sehr schmal.

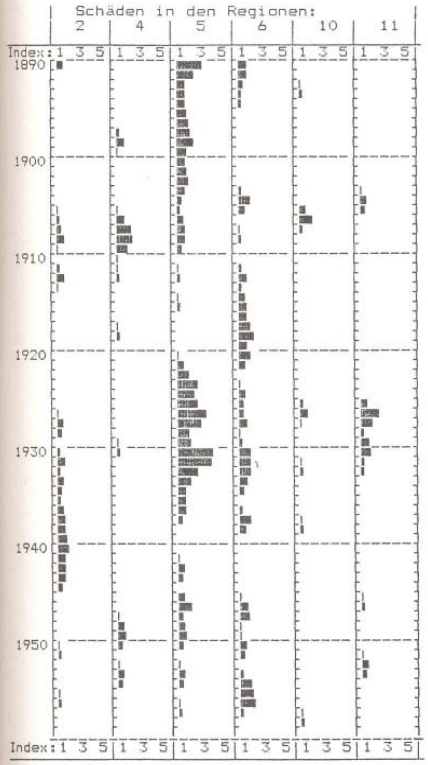
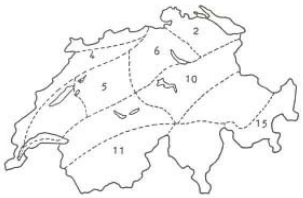



Fig. 8: Pilzschäden 1890-1960

Indices (1-5) der Schäden pro Jahr und Region: Die Länge der Balken gibt die Intensität der Schädigungen an.
Glättungsformel: (a+4b+2c):7

Regionen:
2: Nordostschweiz (Schaffhausen, Thurgau)
4: Jura
5: Mittelland (Bern, Oberaargau, Solothurn)
6: Mittelland (Zürich, Aargau, Luzern)
10: Alpen (Innerschweiz bis Rheintal)
11: Wallis



- Von der Infektion: Voraussetzung erfolgreicher Infektion sind bestimmte Eigenschaften des befallenen Wirts (Wassergehalt etc.) und die Infektionsdichte des Pilzes.

Es bedarf also besonders günstiger Umstände, damit ein grossräumiger Befall eintreten kann. Sie können eintreffen:
- in niederschlagsreichen Jahren, namentlich wenn sie sich wiederholen und
- bei einer Schwächung des Baumbestandes (z.Bsp. nach Insektenfrass, Dürre oder mechanischen Verletzungen).

Die Indexierung erfolgte nach den gleichen Kriterien wie bei den Insektenschäden (vgl. Tabelle 4). In Figur 8 sind die Indices der in BUETIKOFER (1987) unterschiedenen Pilzgruppen ohne besondere Gewichtung einzelner Arten kumuliert dargestellt.

## 5. DUERREPERIODEN SEIT DEM 16. JAHRHUNDERT

### 5.1. Die Methodik

Im folgenden sollen Zusammenhänge zwischen Witterungsverlauf und eingetretenen Schadensfällen am Beispiel von Trockenjahren überprüft werden, wie dies NIESSLEIN und HAUFF (1984) angeregt haben.

Meteorologisch ist eine Dürreperiode definiert als Aufeinanderfolge von mindestens vier Tagen, an denen das Maximum der Lufttemperatur über dem Regelwert des langjährigen mittleren Maximums und die relative Luftfeuchtigkeit gleichzeitig zum Mittagstermin (14h) nicht über 40 % liegt. Oekophysiologisch muss diese Definition um einen monatlichen Reduktionsfaktor erweitert werden, weil die Pflanzen jahreszeitlich unterschiedliche Ansprüche an den Vorrat von Bodenwasser stellen (WESTERMANN 1968).

VOLZ und RICKLI (1987) haben die Trockenheit von Juli bis Oktober 1985 in diesem Sinne quantitativ und statistisch umschrieben und sie mit anderen Trockenperioden dieses Jahrhunderts für die vier Stationen Davos, Zürich, Neuenburg und Sion verglichen. Als Masse für die klimatologische Beurteilung dienten die Dauer von Trockenperioden (d.h. Abfolgen von Tagen ohne Niederschlag > 5mm) und die monatlichen Niederschlagssummen gemäss der Definition von KUHN (1973). Jährliche Wasserbilanzen - unter Einbezug der potentiellen Verdunstung - wurden ferner durch die Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen berechnet. Angestrebt wurde eine raum-zeitliche Differenzierung des Faktors Trockenheit unter Einbezug der Bodenkapazität an verfügbarem Wasser.

Nun können aber nicht alle vegetationswirksamen Dürreerscheinungen über meteorologisch definierte Trockenperioden erfasst werden. Ein kurzes Niederschlagsereignis kann eine Trockenperiode unterbrechen und damit zur statistischen Bedeutungslosigkeit herabmindern, aber auf Grundwasserspiegel und Vegetation ohne nennenswerte Wirkung bleiben. Auch eine Wasserbi-

lanz über die ganze Vegetationsperiode ist nicht immer ein zuverlässiger Dürreindikator, weil hohe Niederschläge in den Herbstmonaten Defizite in den Frhüjahrs- und Sommermonaten kompensieren können.

Das komplexe Zusammenspiel zwischen Wasserangebot und Wasserbedarf kann empirisch an der Entwicklung von landwirtschaftlichen Kulturen, besonders von Hackfrüchten oder von Futterpflanzen, abgelesen werden, die als Bio-Indikatoren sensibel auf mangelnde Wasserversorgung reagieren. Sie integrieren sozusagen die Gesamtheit der Wirkungsfaktoren, die in ihrem Zusammenspiel durch Messungen nur approximativ erfasst werden können und sich von Ort zu Ort verändern. Das Ausmass von Schäden hängt neben Dauer und Intensität der Dürrebelastung davon ab, in welcher Wachstumsphase die Kulturen davon betroffen werden. Am grössten ist die Anfälligkeit im Frühjahr und im Frühsommer; verhältnismässig gering ist sie in den Herbstmonaten. Dies gilt auch für den Wald (LEIBUNDGUT 1983; GROSS et al. 1987). Anhand der Grösse der Schäden in der Landwirtschaft lassen sich somit jene Dürreperioden, die unter Umständen auch Waldschäden verursacht haben, vorläufig am zuverlässigsten ermitteln. Zudem können mathematische Modelle, die sich auf Messdaten stützen, anhand solcher Schadenmeldungen zweckmässig geeicht werden.

Im folgenden werden Daten und Modelle erläutert, mit welchen Intensität und Dauer der Dürrebelastung in den letzten Jahrhunderten approximativ erfasst worden sind. Zunächst muss vorausgeschickt werden, dass die Modelle in erster Linie auf die Gewinnung zeitlicher Tiefe zugeschnitten sind; vom verfügbaren Datenmaterial her sind ihre Aussagen im wesentlichen auf das Mittelland beschränkt und erlauben innerhalb dieses Raumes keine weitergehende Differenzierung. Diesem Umstand gilt es bei der Interpretation der Ergebnisse Rechnung zu tragen. Für eine räumlich vollständigere und nuanciertere Erfassung der Dürrebelastung werden weiterführende Arbeiten erforderlich sein.

## 5.2. Das Datenmaterial

Eine neu entwickelte, historische Methode der Klimaforschung greift auf die kleinsten Elemente zurück, die zur Verfügung stehen. Es sind dies Wetterbeobachtungen, frühe Instrumentenmessungen und Umweltdaten, die von Bauern, Handwerkern und Gelehrten aufgezeichnet worden sind. Aus dem Zeitraum von 1525 bis zur Schaffung des nationalen meteorologischen Messnetzes im Jahre 1864 sind in der Schweiz bisher mehr als 33'000 Beobachtungselemente gefunden worden. Richtig zusammengesetzt ergeben sie ein 338 Jahre langes Wetter-Puzzle, in welchem von 4056 Monaten nur gerade deren 121 nicht durch mindestens eine Meldung belegt sind. Neben Beschreibungen des täglichen oder monatlichen Witterungsverlaufs und frühen Instrumentenmessungen (ab 1708) umfassen diese Daten beobachtete Auswirkungen von Witterungsmustern auf die belebte und unbelebte Umwelt: So namentlich die Blüte- und Reifezeit von Kulturpflanzen, die Ergiebigkeit der Weinernten, die Dauer der Schneebedeckung, die Vereisung von Seen, die Häufigkeit sommerlicher Kaltlufteinbrüche (anhand von weit herabreichenden Neuschneefällen an Bergketten), Ueberschwemmungen und Niedrigwasserstände grosser Flüsse und Seen sowie Dürreerscheinungen in

der Landwirtschaft (PFISTER 1984). Figur 9 vermittelt einen Eindruck von der Kohärenz verschiedener Beobachtungen am Beispiel des Augustmonats 1681.

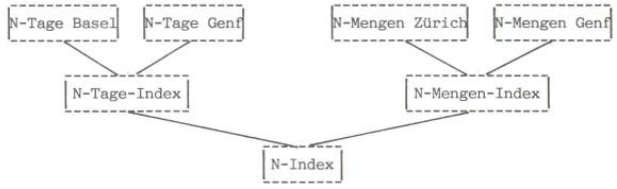
Fig. 9: Der Witterungsverlauf im August 1681
Quelle: Witterungsdatei CLIMHIST (PFISTER 1985)

```
1681  A U G U S T

 2.DEKADE

 1.ROTE TRAUBENBEERE 18. 8.(230) R: 2 WINTERTHUR: 442 M(Q  84),J

 3.DEKADE

 ANZEICHEN VON TROCKENHEIT AUSGEPRAEGT.  R:10 EINSIEDELN: 882 M(DIETRICH,Q  52)**(A 262)
 DUERRESCHAEDEN GRAS/HEU/WEIDE. R:10 EINSIEDELN: 882 M(DIETRICH,Q  52)**
 STARKE PREISSENKUNG VIEH. R:10 EINSIEDELN: 882 M(DIETRICH,Q  52)**(A 262)
 REIFE TRAUBENBEEREN 30. 8.(242) R: 2 ST.GALLEN: 670 M(GALLUS II.,Q  56)

GESAMTER MONAT

 HEISS. VORW.SONNIG/UNBEKANNT. R: 6 ZUERICH: 408 M(FRIES,Q 111),J
 WARM. VORW.SONNIG. R: 2 ST.GALLEN: 670 M(GALLUS II.,Q  56)**
 VORW.SONNIG. R: 5 BERN: 540 M(MANUEL,Q  25),J
T-INDEX:  2, WARM . N-INDEX: -3,SEHR TROCKEN
```

Die Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse jedes Monats wurden in Form eines siebenstufigen Index (-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3) bewertet. In der vorinstrumentellen Periode beruht dieser Index auf einer Interpretation der gesamthaft für den betreffenden Zeitabschnitt verfügbaren Beobachtungen: für die Bewertung des Augustmonats 1681 (Temperatur +2, Niederschlag -3) war beispielsweise unter anderem die Beschreibung von typischen Dürreerscheinungen durch den Einsiedler Pater Joseph Dietrich massgebend. Sie ist der Dokumentation im Wortlaut als Anmerkung (A 262) beigegeben: 'Das Embdt auf dem Feldt [ist] alliglich erdorret und darbei nit mehr zum etzen [abätzen durch das Vieh) gewesen als ein weniges Herpstgrass ..... zu Pfeffiken [Pfäffikon SZ] ist das Wasser zur Muelli schier gantz abgangen'. Dietrichs Beobachtung ist mit der in Bern, Zürich und St. Gallen beobachteten heissen, sonnigen Witterung übereinstimmend. Auf Grund der Ernteausfälle beim Emd in Verbindung mit Wassermangel ist die Dürre dieses Sommers etwa vergleichbar mit jener in den Jahren 1906, 1911 und 1919 (vgl. Tab. 5).

Innerhalb der Instrumentenperiode (ab 1760) beruht der Niederschlagsindex auf der Verknüpfung eines Index der Niederschlagstage mit einem solchen der Niederschlagsmengen, wodurch zugleich Niederschlagsmengen und Niederschlagshäufigkeit erfasst werden.

Fig. 10: Aufbau des Niederschlags-Index für die Zeit ab 1760




Die Auswahl der Stationen war allein durch das Datenmaterial bedingt. Angestrebt wurde in erster Linie eine möglichst lange Mess- bzw. Beobachtungsperiode; in zweiter Linie eine möglichst weiträumige Verteilung innerhalb des Mittellandes. Die drei Stationen Basel, Genf und Zürich erfüllten diese Voraussetzungen am besten: die Beobachtungen aus Basel reichen bis 1755, jene aus Genf bis 1768 zurück; die Genfer Niederschlagsreihe beginnt 1778, jene von Zürich 1836. Lücken konnten durch Daten anderer Stationen ausgefüllt werden. Die Skalierung orientierte sich an der Duodezilverteilung für den Zeitraum 1901 bis 1960. Zur Definition des Duodezils: werden Monatswerte einer Station in aufsteigender Reihenfolge geordnet und in 12 gleiche Intervalle eingeteilt, so bezeichnen die 11 Duodezile die Grenzwerte zwischen diesen Intervallen (vgl. Fig. 11).

Fig. 11: Skalierung der Indices

Monatssummen bzw Niederschlagstage 1901-60

| tiefste <------ | | | | ------> höchste | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 8.3% | 16.6% | 16.6% | 16.6% | 16.6% | 16.6% | 8.3% |
| Duodezil 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | |
| Index -3 | -2 | -1 | 0 | +1 | +2 | +3 |

Die Verknüpfung des Index der Niederschlagsmengen mit jenem der Niederschlagstage ist in PFISTER (1984), Tabelle 1/26 näher definiert.

Der Temperaturindex ist nach demselben Prinzip definiert. Als Basisstation wurde Basel gewählt, für welches eine bis 1755 zurückreichende homogenisierte Temperaturreihe (BIDER, SCHüEPP, v.RUDLOFF, 1959) vorliegt; für die Zeit nach 1958 wurde auf die Werte der Station Hallau zurückgegriffen, die vom städtischen Erwärmungseffekt nicht tangiert worden ist und noch nicht zur automatischen Messung übergegangen ist.

## 5.3. Das Modell

Werden Klimaereignisse als 'extrem' bezeichnet, sollte stets präzisiert werden, welches Element und welche Referenzperiode angesprochen sind. Oft hängt die Bewertung einzig davon ab, wie gut sich das Ereignis in den klimatologisch willkürlichen und starren Raster des Kalendermonats einordnet. Wird die Referenzperiode verändert, steht ein 'Jahrhundertereignis' unter Umständen hinter anderen zurück. Bei der Bewertung von Dürreperioden ist die Situation insofern noch komplizierter, als der Bodenwasserhaushalt nicht durch die Messwerte einzelner Elemente erfasst werden kann, sondern sich aus dem Zusammenspiel zweier Grössen - dem Niederschlag und der Verdunstung - ergibt. Die Situation an einem gegebenen Ort hängt ausserdem von der Durchlässigkeit und der Aufnahmekapazität der betreffenden Böden ab.

Die potentielle Verdunstung entspricht jener Menge an Wasserdampf, die abgegeben wird, wenn immer die optimale Menge von Wasser zur Verfügung steht. Sie ist abhängig von der Luftfeuchtigkeit, der Strahlungsbilanz, der Lufttemperatur und der Windgeschwindigkeit, lauter Grössen, die in ihrem Synergieeffekt nicht vollständig durch Messdaten wiedergegeben werden können (WESTERMANN 1970). Mit Näherungsformeln (z.B. PRIMAULT 1981) kann sie berechnet und mit den monatlichen Niederschlagssummen verglichen werden. Das Ergebnis ist die hygrische Bilanz. Diese wird zur Zeit im Rahmen einer grösseren Untersuchung für eine beschränkte Zahl von Stationen ermittelt. Bei der Abfassung dieses Berichtes konnten die Werte für die Station Zürich SMA ab 1901 eingesehen werden.

Wer weiter in die Vergangenheit zurückgehen will, muss sich auf behelfsmässige Daten abstützen und ein Modell für Dürrebelastung entwickeln, welches für Unschärfen in den Ausgangsdaten möglichst unempfindlich ist. Ausgegangen wurde im vorliegenden Fall von der monatlichen Verteilung von Temperatur und Niederschlag während der Vegetationsperiode (April bis September). Auf der Basis des von PRIMAULT (1981) entwickelten Ansatzes wurden aus Monatswerten des Niederschlags und der Temperatur für die Zeit der Instrumentenmessungen (seit 1760) **empirisch** eine Anzahl von Dürre-Modellen hergeleitet. Als Mass ihrer Tauglichkeit diente der Grad der Uebereinstimmung mit den aus der Landwirtschaft seit 1860 vorliegenden Schadenmeldungen. Anhand des aussagekräftigsten Modells wurde anschliessend aus monatlichen Schätzwerten der Temperatur und des Niederschlags die Entwicklung der Dürrebelastung seit dem 16. Jahrhundert abgeschätzt.

Diese grundlegenden Ueberlegungen wurden für die Definition der **monatlichen Dürre-Indices D** wie folgt herangezogen:

D = 0 bei Jahresbeginn

NIED = Wert des Niederschlagsindex

TEMP = Wert des Temperaturindex sofern dieser > +1
= 0 sofern der Temperaturindex -1 bis +1
= -1 sofern der Temperaturindex < -1

REG(D) reguliert den Dürreindex (D) immer gegen 0: für D > +1 (Wassermangel) um -1, für D < -2 (Wasserüberschuss) um +2; wenn D zwischen -2 und +1 liegt wird es 0 gesetzt.

Anhand dieses Modells wurde für jeden Monat zwischen Januar und September ein Dürrewert D berechnet, ferner innerhalb der Periode April bis September der maximale Monatswert des Dürreindex (MAX). Da ökophysiologisch neben der maximalen Intensität auch die Dauer einer Dürrebelastung ins Gewicht fällt, wurden Perioden von zwei und mehr aufeinanderfolgenden Monaten, in welchen der Dürreindex einen Wert von mehr als 4 erreichte, als Dürresequenzen definiert.

## 5.4. Sommerliche Dürresequenzen seit 1525

### 5.4.1. Vergleich des Modells mit beobachteten Dürreschäden in der Landwirtschaft

In Tabelle 5 werden die anhand des Modells ermittelten Dürresequenzen nach ihrer Dauer und ihrer maximalen Intensität mit den in landwirtschaftlichen Kulturen beobachteten Dürreerscheinungen verglichen, die als Test-Indikator herangezogen wurden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass ackerbauliche Kulturen im Mittelland seit einigen Jahren in zunehmendem Masse bewässert werden, wodurch sie als Trockenheits-Zeiger nicht mehr verwendbar sind. Allerdings gilt dies nicht für das Gras, namentlich im Hügelgebiet, so dass die Ergiebigkeit der Futterernten durch sommerliche Trockenheit nach wie vor beeinträchtigt wird. Um die Aussagekraft des Modells anhand einer genaueren Berechnungsmethode abzuschätzen, wurde als dritter Indikator die hygrische Bilanz der Monate April bis September der Station Zürich SMA in den Vergleich einbezogen.

Als Quelle für die in landwirtschaftlichen Kulturen aufgetretenen Dürreschäden dienten Witterungs- und Ernteberichte in der Bauern-Zeitung (1865), im Statistischen Jahrbuch des Kantons Bern (1866-1870), in den Mitteilungen des Statistischen Bureaus des Kantons Bern (1885-1927), im Landwirtschaftlichen Jahrbuch der Schweiz (ab 1903), im Staatsverwaltungsbericht des Kantons Bern (ab 1928) sowie in den Geschäftsberichten der schweizerischen Hagelversicherungs-Gesellschaft (ab 1940). Die bernischen und die gesamtschweizerischen Berichte sind in hohem Masse übereinstimmend, so dass die einzig für den Kanton Bern vorliegenden Meldungen für die Zeit von 1860 bis 1903 für das gesamte Mittelland Geltung beanspruchen dürfen.

Tab. 5: Dürreintensität und -dauer in ihrer Wirkung auf landwirtschaftliche Kulturen

| Jahr | Int (MAX) | Dauer (D >4) | HygBil Ap-Sep | beobachtete Schäden in der Landwirtschaft |
|---|---|---|---|---|
| 1865 | 12 | Mai-Sep | - | Futternot (Schweiz. Bauernzeitung) |
| 1868 | 9 | Mai-Sep | - | Emd; Engerlinge; teilweise Kartoffeln Flachs (SJB). |
| 1870 | 9 | Jun-Sep | - | Heu, Emd: Heustöcke schon im Juli angegriffen; Gerste, Hafer (SJB). |
| 1893 | 8 | Apr-Sep | - | Frühjahr plus Spätsommer; alle Kult ausser Kartoffeln, bes. Heu, Emd, Hafer; Notschlachtungen (MSB). |
| 1904 | 8 | Jul-Sep | 218 | Emd, Kartoffeln, Gemüse, Obst, Herbstgras (LJS, MSB); Spätsommer teilw. Heufütterung (MSB). |
| 1906 | 6 | Aug-Sep | 141 | Emd, Herbstgras, Wurzelgewächse (LJS); Gemüse; Wassermangel; teilw. Uebergang zur Heufütterung (MSB). |
| 1911 | 9 | Aug-Sep | -121 | Emd, Kartoffeln, Getreide (Hafer z.T. notreif), Obst, Gemüse (LJS); Wassermangel auf Alpen; teilweise Uebergang zur Heufütterung und Milchausfall (MSB) |
| 1921 | 7 | Jul-Sep | -12 | Emd, Kartoffeln (LJS, MSB); Grünfutter (LJS) 1934 |
| 1934 | 8 | Mai-Sep | 274 | Heu: Jura und Ajoie nur 20% Normalernte. Behörden übernehmen Inlandfracht für Importfutter (SVB). |
| 1945 | 13 | Jun-Sep | 162 | Futterbau, Kartoffeln (LJS, SVB); vom 8. August 'begann sich hinsichtlich der Futterversorgung und der Kartoffelernte eine eigentliche Katastrophe abzuzeichnen' (SVB); in einzelnen Gebieten erhebliche Dürreschäden (GHV). |
| 1947 | 20 | Apr-Sep | -280 | Katastrophenjahr |
| 1949 | 10 | Jul-Sep | -214 | Emd, Kartoffeln: Engerlingsschäden; Wassermangel auf den Alpen (SVB, GHV). |
| 1950 | 9 | Jun-Sep | 188 | keinerlei Schäden (SVB, GHV). |
| 1952 | 11 | Jun-Sep | 97 | Emd: im Aug vielerorts teilweise Uebergang zur Heufütterung (SVB); Futterversorgung, Spätkartoffeln, Runkeln, Zuckerrüben (GHV). |
| 1959 | 9 | Jul-Sep | 22 | teilweise Wassermangel und Futterknappheit auf Alpen (SVB); Gemüse, teilweise Emd (GHV). |
| 1964 | 6 | Jul-Sep | 112 | Emd (SVB); Getreide, Kartoffeln, Zuckerrüben teilweise (GHV). |
| 1976 | 8 | Jun-Sep | 249 | Emd; teilweise Uebergang zur Heufütterung (SVB ). |
| 1983 | 7 | Jul-Sep | 149 | Kartoffeln, Obst, Emd (SVB). |
| zum Vergleich: | | | | |
| 1985 | 4 | - | 200 | Pflanzenbau: praktisch durchgehend quantitativ und qualitativ gute Resultate; überdurchschnittliche Dürrfutterernte (SVB). |
| Ungenügend gewichtet: | | | | |
| 1919 | 4 | Aug-Sep | -4 | Grünfutter, Emd, Hafer (LJS, MSB). |
| 1962 | 5 | Aug | 20 | Heu, Emd: teilweise Uebergang zur Heufütterung (SVB); Emd, Kartoffeln, teilw. Zucker- und Futterrüben (GHV). |

Legende:
- GHV Geschäftsberichte der schweiz. Hagelversicherung.
- HygBil Durchschnitt der hygrischen Bilanz in Zürich SMA in den Monaten Apr-Sept
- LJS Landwirtschaftliches Jahrbuch der Schweiz
- MSB Mitteilungen des Statist. Bureaus des Kantons Bern
- SJB Statistisches Jahrbuch des Kantons Bern
- SVB Staatsverwaltungsbericht Kanton Bern

Im grossen und ganzen stimmen die Aussagen des Modells gut mit den in der Landwirtschaft beobachteten Dürreschäden überein. Gewisse Unschärfen sind allerdings nicht zu übersehen. So wurden in den beiden Jahren 1919 und 1962 verschiedene Kulturen durch Trockenheit teilweise geschädigt, ohne dass dies im Modell deutlich hervortritt. Im weiteren wird 1950 als Dürrejahr ausgegeben, obschon keine Schäden beobachtet worden sind. Dies liegt daran, dass die knappen Niederschläge optimal verteilt waren, wie es im Rückblick der bernischen Landwirtschaftsdirektion heisst (Staatsverwaltungsbericht 1950). Auch in der hygrischen Bilanz in Zürich weisen die Monate Mai bis Juli dieses Jahres negative Werte auf; es war in dieser Zeit also nach meteorologischen Gesichtspunkten tatsächlich zu trocken.

Die für die Station Zürich SMA berechneten Werte der hygrischen Bilanz vermögen der Situation in der Landwirtschaft ebenfalls nicht völlig gerecht zu werden. Auf der Basis der Gesamtbilanz für April-September treten Dürrejahre wie 1904, 1945 und 1976 überhaupt nicht als solche hervor. Andererseits wird das Ausmass der landwirtschaftlich wirksamen Trockenheit im Jahr 1921 überschätzt. Weder das gewählte Modell noch die Berechnungen der hygrischen Bilanz für eine einzige Station werden den in der Landwirtschaft beobachteten Dürreerscheinungen vollständig gerecht und sollten deshalb nicht überschätzt werden. **Um die raum-zeitliche Entwicklung der Dürrebelastung in den letzten hundert Jahren differenziert zu erfassen, ist eine sehr viel weitergehende Erhebung und Auswertung meteorologischer und landwirtschaftlicher Daten erforderlich.**

Als erste Annäherung sind die auf Grund des Modells berechneten Dürrewerte aber durchaus anwendbar. Dies gilt vor allem für jene grosse Zahl von Jahren, in welchen die Ergebnisse aller drei Methoden übereinstimmend sind:
In der Diskussion um die aktuellen Waldschäden ist die Dürre der Sommer 1976 und 1983 als ursächliches oder beschleunigendes Element hervorgehoben worden. Nach SCHMIDT (1987) zählten diese in Deutschland 'zu den extremst warm-trockenen der verflossenen 135 Jahre'. Zumindest für die Schweiz kann dies anhand des Dürreindex, der für Zürich berechneten hygrischen Bilanz und den aus der Landwirtschaft gemeldeten Schäden (Tabelle 5 widerlegt werden. Der auch von CAPREZ et al. (1987) als Extremereignis herausgestrichene '(Jahrhundert-) Sommer' zeichnet sich wohl durch eine säkulare Rekord-Temperatur im Juli aus, erreicht aber weder inbezug auf seinen Dürreindex noch auf seine hygrische Bilanz einen Spitzenwert und verursachte keine grösseren Schäden in der Landwirtschaft. Diese Tendenz, klimatische Anomalien in der jüngsten Vergangenheit gegenüber älteren zu überschätzen, ist weit verbreitet und wohl bekannt. Eine statistischer Vergleich mit früheren Dürrejahren anhand von verschiedenen Verfahren der Cluster Analyse ergab, dass die Dürreperiode des Jahres 1983 bezüglich ihrer Länge, ihrer Intensität und ihres zeitlichen Verlaufs am weitestgehend mit jener des Jahres 1904 übereinstimmt. Keinerlei Hinweise auf Dürrestress in der Landwirtschaft finden sich für das Jahr 1985, wo ebenfalls Trockenheit als mögliche verschärfende Ursache für die Waldschäden erwähnt wird (EAFV Pressemitteilung Nov. 1985, zitiert in CAPREZ et al. 1987)

5.4.2. Langfristige Veränderungen der Dürrebelastung

Auf der Basis der Temperatur- und Niederschlagsindices, die in der vorinstrumentellen Periode häufig auf beobachteten Dürreschäden beruhen, lassen sich Aussagen über die langfristig zu erwartende Häufigkeit von Dürresequenzen und die auf Grund der natürlichen Schwankungsbreite des Klimas zu erwartenden Extreme vertreten.

Die Figuren 12 und 13 veranschaulichen die Dauer und Intensität von Dürresequenzen seit dem frühen 16. Jahrhundert. Dargestellt sind mit Punkten und Quadraten die Dürrewerte der einzelnen Monate April bis September, sofern sie einen bestimmten Schwellenwert übersteigen, sowie numerisch der maximale Dürrewert (MAX) in der betreffenden Periode. Aus dem Vergleich mit den Beobachtungen in der Landwirtschaft (Tab. 5) geht hervor, dass Dürrejahre mit einem Wert von 4 und 5 unter Umständen noch zu Schäden führen können, dass aber erst von der Stufe 6 an sicher damit zu rechnen ist. Die in landwirtschaftlichen Kulturen beobachteten Schäden sind in der Dokumentation CLIMHIST nachgewiesen (PFISTER 1985).

Betrachten wir die zeitliche Verteilung der Dürresommer seit dem frühen 16. Jahrhundert fällt zunächst auf, dass solche Ereignisse im allgemeinen mit einer gewissen Regelmässigkeit auftreten. Im langfristigen Mittel muss alle vier Jahre mit schwächeren (D >3) und alle sieben Jahre mit ausgeprägteren (D >5) sommerlichen Dürreerscheinungen gerechnet werden. Ueber diesem Durchschnittswert lag die Häufigkeit in den Perioden 1556-1559, 1681-1683, 1718-1728, 1778-1782, 1802-1811, 1865-1870 und 1945-1953; darunter in den Jahren 1565-1600, auf dem Höhepunkt der sogenannten 'Kleinen Eiszeit' zwischen 1685 und 1715, sowie in den letzten 25 Jahren. Gemessen an den säkularen Mittelwerten ist die Dürrebelastung seit 1964 also zurückgegangen: nur jedes achte Jahr brachte eine schwache (D >3), nur jedes elfte Jahr eine intensivere (D >5) sommerliche Trockenperiode. Mit welchen säkularen Spitzenwerten gerechnet werden muss, zeigt das Beispiel des Jahres 1540, in welchem die Dürre von März bis September (und darüber hinaus) in extremer Form andauerte; die grösste Belastung über mehrere Jahre hinweg ist 1945-1953 mit sechs Dürresommern in neun Jahren aufgetreten. Kein Wunder, dass sich damals die Furcht vor einer drohenden Versteppung ausbreitete. Unverständlich ist, weshalb BAUMGARTNER (1987) gerade diese Periode als 'Klimaoptimum' qualifiziert und hervorhebt, anschliessend seien Sommerdürren und andere Klimaextreme gehäuft aufgetreten.

Fig. 12: Sommerliche Dürreperioden seit 1525 mit Einschluss schwächerer Erscheinungen (Dürreindex >3)

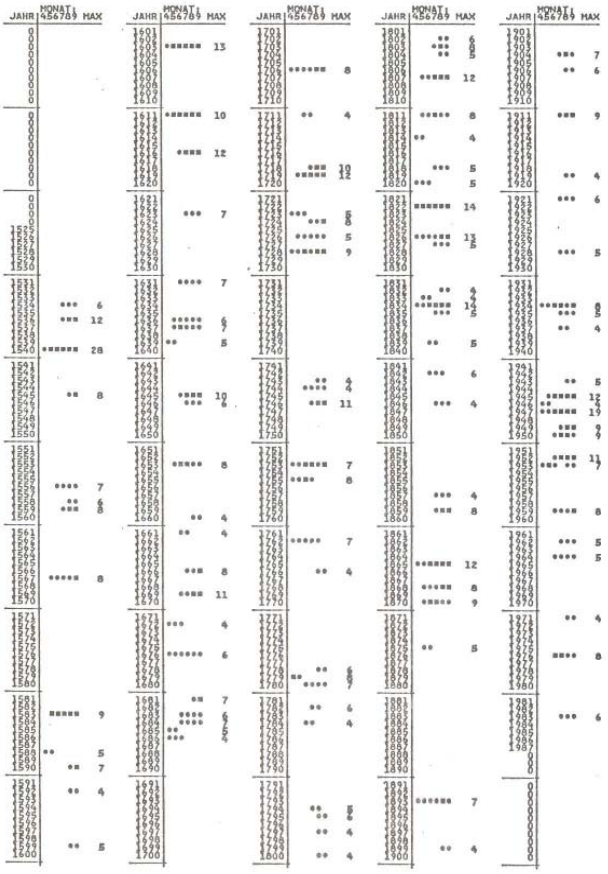


Fig. 13: Ausgeprägte sommerliche Dürreperioden seit 1525 (Dürreindex >6)

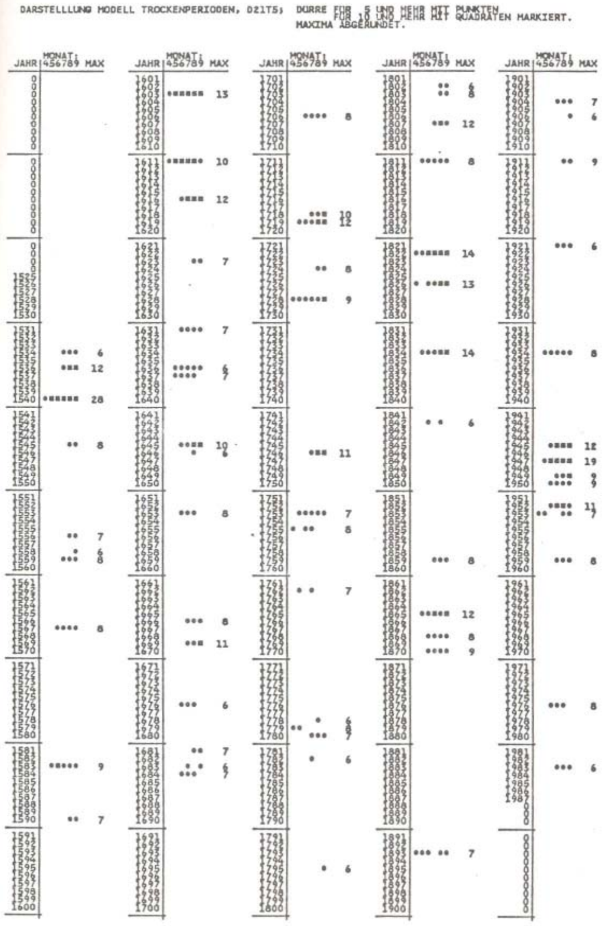
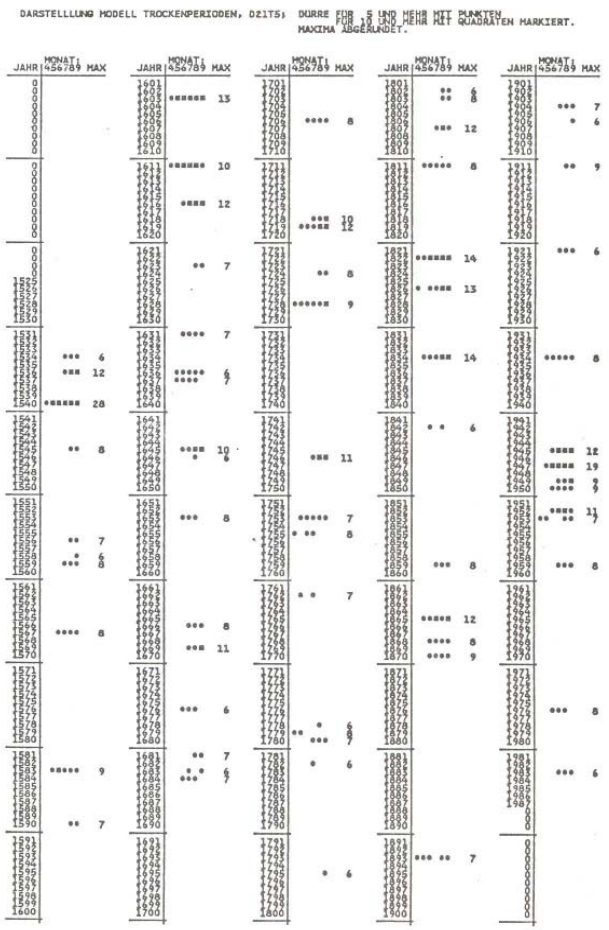


Fig. 13: Ausgeprägte sommerliche Dürreperioden seit 1525 (Dürreindex >6)



5.4.3. Die Extremjahre 1893, 1911, 1947 sowie 1540

Anschliessend an den Ueberblick (Tabelle 5) werden Extremjahre wie 1947, 1893, 1911 sowie das Fünfhundertjahr-Ereignis von 1540, die einer breiteren Darstellung bedürfen, gesondert charakterisiert.

In Deutschland ist die Rangfolge der extremsten Jahre, gemessen an der Zahl der Dürretage, mit jener der Schweiz nahezu identisch: 1947, 1959, 1893, 1911, 1904, 1921 (WESTERMANN 1968). Einzig das Jahr 1949 zeigte offenbar in höheren Breiten einen völlig anderen Witterungsverlauf; in Südbaden war die Lage vergleichbar (WEIHE 1958).

1893:
Bezüglich der Sonnenscheindauer während der Vegetationsperiode steht das Jahr seit 1885 mit 1489 Stunden hinter 1947 und 1911 an dritter Stelle (KUHN 1948: 12). Vom 18. März bis zum 3. Mai fiel in Zürich kein Tropfen Regen, nachdem schon die Schneeschmelze wenig ergiebig ausgefallen war. Auch in den folgenden Monaten blieben die Niederschläge unterdurchschnittlich. Das Niederschlagsdefizit auf 1 ha dürfte bei Zürich 1.4 Mio Liter betragen haben (BUEHLER 1895). Die Auswirkungen dieser Dürreperiode auf die Landwirtschaft sollen anhand exemplarischer Ernteberichte aus den Gemeinden des Kantons Bern schlaglichtartig beleuchtet werden: "Ertragsverminderung bei Hafer um 65 % infolge Dürre" (Gondiswil); "Ertrag des Hafers ist gleich Null" (Stettlen); "Heu durchschnittlich ein Zehntel einer Normalernte" (Rapperswil); "viele Kleeäcker mussten umgepflügt werden; Gras hatte man keines; die Bühnen standen leer; Heu war nicht zu kaufen, deshalb trieb man das Vieh auf die Weide; aber Wiesen und Futteräcker lagen gelbbraun und kahl da. Das hungernde Vieh suchte brüllend die grünen Stellen auf und der von den Engerlingen unterhöhlte Rasen wurde ausgerissen" (Walperswil): "der Viehbestand ist um 20 % gesunken" (Bözingen); "der Milchmangel hatte naturgemäss hohe Milchpreise im Gefolge" (Leimiswil); "viele Käsereien stellen die Käsefabrikation diesen Winter ein, weil sie die Milch als Nahrungsmittel lukrativer in den Städten verwerten können" (Büren); "im letzten Jahr war der Ertrag aus der Käserei mehr als die Hälfte geringer als voriges Jahr" (Vinelz) (Mitteilungen des Statist. Bureaus 1895).

1911:
Vom 28. Juni bis zum 14. September, also während mehr als 2 1/2 Monaten, gab es keinen einzigen Tag mit länger anhaltenden grossräumigen Niederschlägen; der gefallene Niederschlag stammte ausschliesslich von (meist lokalen) Gewittern und blieb weit hinter dem Normalbetrage zurück. Im schweizerischen Mittellande fielen während dieser 2 1/2 Monate durchschnittlich nur etwa 30 % der normalen Mengen. Es regnete noch wesentlich seltener als 1947. Bezüglich der Sonnenscheindauer während der Vegetationsperiode steht 1911 (seit 1885) an zweiter Stelle hinter 1947 (KUHN, 1948). Um die Bedeutung des Niederschlagsdefizits ganz zu würdigen, muss man sich vergegenwärtigen, dass schon die vorangegangenen Monate des Jahres ein erhebliches Defizit aufwiesen, und sodann, dass diese beinahe regenlose Periode gerade in die Jahreszeit fiel, die normalerweise in unserem Lande am meisten Regen hat (BILLWILER 1911).

5.4.3. Die Extremjahre 1893, 1911, 1947 sowie 1540

Anschliessend an den Ueberblick (Tabelle 5) werden Extremjahre wie 1947, 1893, 1911 sowie das Fünfhundertjahr-Ereignis von 1540, die einer breiteren Darstellung bedürfen, gesondert charakterisiert.

In Deutschland ist die Rangfolge der extremsten Jahre, gemessen an der Zahl der Dürretage, mit jener der Schweiz nahezu identisch: 1947, 1959, 1893, 1911, 1904, 1921 (WESTERMANN 1968). Einzig das Jahr 1949 zeigte offenbar in höheren Breiten einen völlig anderen Witterungsverlauf; in Südbaden war die Lage vergleichbar (WEIHE 1958).

1893:
Bezüglich der Sonnenscheindauer während der Vegetationsperiode steht das Jahr seit 1885 mit 1489 Stunden hinter 1947 und 1911 an dritter Stelle (KUHN 1948: 12). Vom 18. März bis zum 3. Mai fiel in Zürich kein Tropfen Regen, nachdem schon die Schneeschmelze wenig ergiebig ausgefallen war. Auch in den folgenden Monaten blieben die Niederschläge unterdurchschnittlich. Das Niederschlagsdefizit auf 1 ha dürfte bei Zürich 1.4 Mio Liter betragen haben (BUEHLER 1895). Die Auswirkungen dieser Dürreperiode auf die Landwirtschaft sollen anhand exemplarischer Ernteberichte aus den Gemeinden des Kantons Bern schlaglichtartig beleuchtet werden: "Ertragsverminderung bei Hafer um 65 % infolge Dürre" (Gondiswil); "Ertrag des Hafers ist gleich Null" (Stettlen); "Heu durchschnittlich ein Zehntel einer Normalernte" (Rapperswil); "viele Kleeäcker mussten umgepflügt werden; Gras hatte man keines; die Bühnen standen leer; Heu war nicht zu kaufen, deshalb trieb man das Vieh auf die Weide; aber Wiesen und Futteräcker lagen gelbbraun und kahl da. Das hungernde Vieh suchte brüllend die grünen Stellen auf und der von den Engerlingen unterhöhlte Rasen wurde ausgerissen" (Walperswil): "der Viehbestand ist um 20 % gesunken" (Bözingen); "der Milchmangel hatte naturgemäss hohe Milchpreise im Gefolge" (Leimiswil); "viele Käsereien stellen die Käsefabrikation diesen Winter ein, weil sie die Milch als Nahrungsmittel lukrativer in den Städten verwerten können" (Büren); "im letzten Jahr war der Ertrag aus der Käserei mehr als die Hälfte geringer als voriges Jahr" (Vinelz) (Mitteilungen des Statist. Bureaus 1895).

1911:
Vom 28. Juni bis zum 14. September, also während mehr als 2 1/2 Monaten, gab es keinen einzigen Tag mit länger anhaltenden grossräumigen Niederschlägen; der gefallene Niederschlag stammte ausschliesslich von (meist lokalen) Gewittern und blieb weit hinter dem Normalbetrage zurück. Im schweizerischen Mittellande fielen während dieser 2 1/2 Monate durchschnittlich nur etwa 30 % der normalen Mengen. Es regnete noch wesentlich seltener als 1947. Bezüglich der Sonnenscheindauer während der Vegetationsperiode steht 1911 (seit 1885) an zweiter Stelle hinter 1947 (KUHN, 1948). Um die Bedeutung des Niederschlagsdefizits ganz zu würdigen, muss man sich vergegenwärtigen, dass schon die vorangegangenen Monate des Jahres ein erhebliches Defizit aufwiesen, und sodann, dass diese beinahe regenlose Periode gerade in die Jahreszeit fiel, die normalerweise in unserem Lande am meisten Regen hat (BILLWILER 1911).

berichtet, dass vom Februar an bis zum Jahresende nur an vereinzelten Tagen Regen fiel: in Zürich zählte Antistes Bullinger in den 26 Wochen von Mitte März bis Ende September ganze sechs Niederschlagstage, wobei es nie einen Tag oder eine Nacht durchregnete. Die Niederschläge dürften bestenfalls einen Drittel des Normalwertes erreicht haben. Kleinere Flüsse trockneten vollständig aus; Limmat und Rhein schmolzen zu dünnen Rinnsalen zusammen, die man zu Fuss durchwaten konnte. Weil die Landwirtschaft des Mittellandes damals einseitig auf Getreidebau ausgerichtet war, hielten sich die Schäden in Grenzen. Meldungen über eigentliche Waldschäden sind nicht überliefert, wohl dagegen über Waldbrände (PFISTER 1984).

Die wichtigsten Ergebnisse des Kapitels 5.4. können wie folgt zusammengefasst werden:

1. **Die Dürrehäufigkeit hat 1945-1953 mit sechs heissen und trockenen Sommern im Zeitraum von neun Jahren ein Maximum erreicht, das seit mindestens 1500 einmalig ist.**

2. **In der Landwirtschaft sind die schwersten Dürreschäden in den Jahren 1893 und 1947 beobachtet worden. Bei der Trockenperiode des Sommers 1947 handelt es sich um ein seit 1540 einzigartiges Extremereignis.**

3. **Seit 1964 ist die Häufigkeit von Dürrejahren zurückgegangen. 1976 und 1983 sind sommerliche Trockenperioden aufgetreten, wie sie im langjährigen Durchschnitt alle sieben Jahre einmal zu erwarten sind. Solche Ereignisse dürfen nicht überbewertet werden.**

## 6. SOMMERDUERRE UND WEITERE WIRKUNGSZUSAMMENHAENGE IN IHRER BEDEUTUNG FUER WALDSCHAEDEN

### 6.1. Direkte und indirekte Schäden durch Trockenheit

Auf Grund des Vergleichs von Modellrechnungen mit den in landwirtschaftlichen Kulturen beobachteten Schäden ist das jährliche Ausmass der sommerlichen Dürrebelastung abgeschätzt worden. Im folgenden soll nun anhand der Meldungen aus anthropogenen Quellen (Kap. 4) untersucht werden, in welcher Art sich die Sommerdürren der letzten 125 Jahre auf den Zustand des Waldes ausgewirkt haben. Aehnliche Reaktionen auf vergleichbare Belastungen sind dabei im Sinne einer gleichbleibenden, stärkere Reaktionen im Sinne einer verminderten Belastbarkeit zu deuten. Bei der Interpretation sind Besonderheiten des Standorts und die unterschiedliche Reaktion einzelner Baumarten zu berücksichtigen. So ist die flachwurzelnde und daher der Austrocknung stark ausgesetzte Fichte in anhaltenden Trockenperioden besonders gefährdet. Dies gilt ganz allgemein für Bäume an trockenen Standorten, z.B. auf flachgründigen Böden über gut wasserdurchlässigen Ausgangsgesteinen. Neben der direkten, weniger offensichtlichen, physiologischen Schwächung der Bäume durch Dürre spielen haupt-

sächlich indirekte, verzögert auftretende, auffällige Sekundärschäden in Form eines Befalls durch Forstinsekten eine Rolle.

Der gefährlichste Borkenkäfer Europas, Ips typographus, weist nur ein bis zwei, in besonders warmen Sommern drei Generationen pro Jahr auf. Von da her ist ein Zusammenhang zwischen Klimaschwankungen und der Populationsdynamik von Forstinsekten gegeben. SCHWERDTFEGER (1957) zählt seit 1850 fünf grossräumige Massenvermehrungen auf, die alle von Arealen mit Windwurf- und Schneebruchschäden oder Kahlfrasschäden durch die Nonne (Lymantria monacha) ausgingen und durch Dürreperioden stimuliert wurden (BALTENSWEILER 1985).

KUHN (1949) hat die grossen Borkenkäfer-Kalamitäten im Gefolge der Trokkensommer 1945 und 1947 untersucht und stellt dabei folgende zwei Faktoren ursächlich in den Vordergrund:
1. Vorkommen der Fichte in grossen, standortswidrigen Reinbeständen im Mittelland ausserhalb des natürlichen Verbreitungsgebietes.
2. Durch längere Zeit Trockenheit und hohe Temperaturen. Der Käfer befällt als Sekundärschädling normalerweise geschwächte Bäume, vorzugsweise 60 jährige und ältere Fichten. Nur ausnahmsweise, bei Massenvermehrung unter für ihn günstigen Klimabedingungen, greift er auf gesunde über.

Im folgenden sollen die direkten und indirekten Schäden durch Dürrestress näher dargestellt werden (vgl. Fig. 16)

1865 bis 1873:
1865 werden Schäden am Jungwuchs gemeldet: 'Des ausserordentlich trokkenen Vor- und Hochsommers wegen entspricht leider der Erfolg der Kulturen den Erwartungen nicht' (Kt. Zürich). Im Kanton Bern ist von dem 'durch die Trockenheit bedingten Misslingen eines Teils der Kulturen' die Rede. Im Trockensommer 1868 litten im Kanton Zürich erneut Saaten und Pflanzungen, im folgenden Jahr 1869 wurden regional aus den Kantonen Zürich, Bern und Graubünden vermehrte Schäden durch Borkenkäfer beobachtet. Im Dürresommer 1870 wurden aus verschiedenen Kantonen Dürreschäden an Saaten und Pflanzungen gemeldet, im Kanton Zürich musste eine bedeutende Menge an Dürrholz verwertet werden. Die Borkenkäfer erlangten in der Nordwestschweiz eine 'ernste Besorgnis erregende Vermehrung'; auch in allen Teilen des Kantons Bern 'nahmen die Beschädigungen zu'. 1871 fielen im Kanton Bern 19'000 Stämme, im Kanton Freiburg 10'000 Stämme Borkenkäferholz an; eigentliche Kalamitäten traten in den bernischern Aemtern Burgdorf, Wangen und Aarwangen auf. Aus Solothurn wurden 'abnehmende Schäden' gemeldet. Aus dem Gebiet um den Gibloux verschwand der Schädling in diesem Jahr. 1872: In Bonmont VD mussten 200 Stämme entfernt werden, doch waren die Schäden 'abnehmend'. Die Kalamität in den bernischen Aemtern Burgdorf, Wangen und Aarwangen dauerte an. In den folgenden Jahren dann werden Käfersch^den nur noch sporadisch und punktuell erwähnt.

1893 bis 1895:
Das für die Landwirtschaft verheerende Dürrejahr 1893 führte einzig bei frisch gepflanzten Nadel- und Laubhölzern zu nennenswerten Schäden. Schon '1 Jahr angewachsene Pflanzungen' litten 'absolut' nicht. Nur der Wald an der südlichsten Jurakette und vereinzelte Bestände in den Aemtern Moutier

und Pruntrut wurden in den folgenden Jahren durch den Borkenkäfer befallen. Im Berner Mittelland wurden bis zur Jahrhundertwende immer wieder isolierte Herde gemeldet. Zuwachsdepressionen bei Tanne, Fichte und Buche sind für den Schwarzwald und Nordbayern/Sachsen belegt (CRAMER 1987).

1904 bis 1905:
In dem mit 1983 am ehesten vergleichbaren Trockensommer 1904 und im Folgejahr wurden nur vereinzelt Schäden in Pflanzungen und regionale Borkenkäferherde gemeldet. Auch in diesen Jahren sind für den Schwarzwald und Nordbayern/Sachsen Zuwachsdepressionen belegt (CRAMER 1987).

1911 bis 1913:
Die akute Trockenheit führte neben dem Eingehen von Jungpflanzungen auch zu einem bedeutenden Anfall an Dürrholz. In den Wäldern des Kantons Solothurn fielen 1912 6067 $m^3$ an, in jenen des Kantons Schaffhausen zeigten sich Nachwirkungen bis 1914. Im folgenden Jahr (1912) trat der Borkenkäfer häufiger auf als sonst. Aus den Kantonen Neuenburg und Wallis wurden keinerlei Schäden gemeldet. CRAMER (1987) führt die festgestellten geringen Einbussen beim Zuwachs darauf zurück, dass 1911 als isolierte Episode in eine Reihe von wohlberegneten Sommern eingebettet war.

1945 bis 1952:
KUHN (1949) schildert die Situation wie folgt: 1946 trat Ips typographus (der gefürchtetste Borkenkäfer) unter Nachwirkung des heissen und trokkenen Sommers 1945 an zahlreichen Stellen in den schweizerischen Waldungen auf. Der anormal heisse Sommer 1947 förderte dann die Käferentwicklung ganz ausserordentlich. Der Autor schliesst nicht aus, dass unter diesen einzigartig günstigen Bedingungen anstatt zwei (wie üblich) zweieinhalb bis drei Generationen zur Ausbildung gelangten. Gleichzeitig wurden die Bestände durch extreme Trockenheit in ihrem physiologischen Abwehrvermögen stark geschwächt. Den Borkenkäfern stand deshalb in hohem Masse ideales Brutmaterial zur Verfügung. So kam es, dass fast in der ganzen Schweiz die typographus-Gradation 1947 und 1948 kleine oder grössere Schäden in den Fichtenwaldungen verursachte. Die Herde waren sehr zahlreich, umfassten aber meistens nur Holzmengen von 10 bis 100 $m^3$. 1947 wurden allein im Kanton Bern über 150, im Wallis 33 grössere Borkenkäferherde festgestellt. Insgesamt mussten 1947 in den schweizerischen Waldungen rund 150'000 $m^3$, 1948 340'000 $m^3$ Borkenkäferholz gefällt werden. In der südlichen Randzone des Berner Juras 'fiel die Weisstanne der Trockenheit grösstenteils zum Opfer'. Am Chaumont war 'der Anfall an dürren Weisstannen... geradezu beängstigend'. An zahlreichen Orten zeigten 'grün bleibende Fichten gegen Herbst starken Nadelfall' (BUETIKOFER 1987). Dazu kamen 1948 173'000 $m^3$ käferfreies Dürrholz. Am meisten gefährdet waren die Fichten auf durchlässigen Schotterböden. Wie gross z.B. in den Hardwaldungen von Blach, bei Eglisau, Weiach, Laufenburg, Sisseln der Einfluss der trockenen Witterung war, geht daraus hervor, dass 1947 und 1948 von den dort anfallenden Zwangsnutzungen bis zu 90 % auf Dürrständer entfielen, die gar keinen Borkenkäferbefall aufwiesen. Nach dem starken Befall des Jahres 1948 folgte 1949 ein weiteres Trokkenjahr. Der Käferholzanfall erreichte gesamtschweizerisch 200'000 $m^3$, jener von käferfreiem Dürrholz 160'000 $m^3$. Im folgenden Jahr (1950) jedoch brach die Massenvermehrung im Gebirge zusammen, gesamtschweizerisch überstiegen die Schäden 'das normale Mass nicht mehr' (BUETIKOFER

1987). Die deutliche Erholung nach 1950 spiegelt sich auch im Durchmesserzuwachs badischer Fichtenbestände: dieser ging 1947 drastisch zurück, fiel 1948 auf ein Minimum und stieg nach 1950 wieder kontinuierlich an, unterbrochen von einem kurzen Rückschlag im Dürresommer 1952 (WEIHE, 1958). Ein vergleichbares kurzfristiges Maximum der Zuwachsrückgänge um 1950 hat SCHWEINGRUBER (1985) an Fichten im Aargau und im Solothurner Jura nachgewiesen. In einzelnen Landesteilen (Berner Mittelland, Wallis) hielten sich zahlreiche Borkenkäferherde bis zum nassen und kühlen Sommer 1954. Zusammenfassend lässt sich postulieren, dass die grosse Wiederholungsneigung von heissen und trockenen Sommern in den Jahren 1945 bis 1953 eine längerfristige Massenvermehrung der Käfer ganz ausserordentlich begünstigt hat. Aber selbst im Gefolge dieser extremen Periode klangen die Schäden in kühleren und nasseren Sommern rasch ab.

Die Ergebnisse können wie folgt zusammengefasst und gedeutet werden:

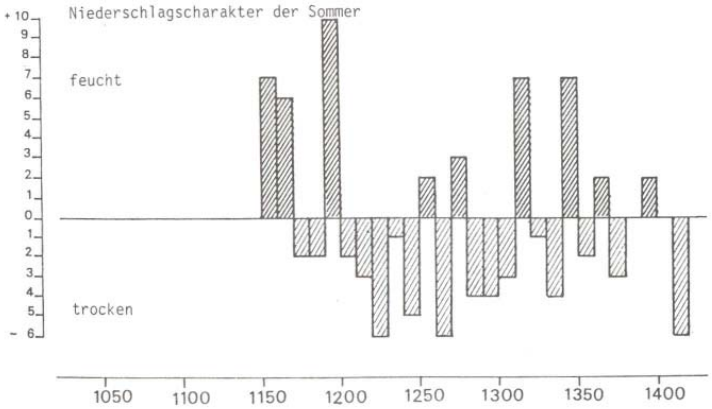
1. Nach einzelnen heiss-trockenen Sommern, wie sie im langjährigen Durchschnitt alle sieben Jahre zu erwarten sind, wurden regelmässig Schäden beobachtet. Diese waren jedoch räumlich und zeitlich stark beschränkt. Gemeldet wurde in der Untersuchungsperiode vor allem das Absterben von frisch gepflanzten Bäumen in Baumschulen, sowie das Auftreten von lokalen Borkenkäferherden. Sogar der Dürresommer 1893, der die mittelländische Viehwirtschaft in einen eigentlichen Notstand stürzte, zog keinen nennenswerten Anstieg der Schadenmeldungen nach sich. Geringfügig waren auch die beobachteten Folgewirkungen des Sommers 1904, der von der Art seiner Dürrebelastung her mit jenem von 1983 am ehesten vergleichbar ist.

2. Grossräumige Borkenkäfer-Kalamitäten traten im Gefolge von zwei oder mehr Dürresommern innerhalb weniger Jahre auf. Dadurch vermochten sich die Käfer über längere Zeit hinweg kumulativ zu vermehren und fanden zugleich in den geschwächten Bäumen reichlich Nahrung. Nach diesen Gesichtspunkten ragt die zwischen 1945 und 1953 festgestellte Kadenz von sechs Dürresommern in den neun Jahren zwischen 1945 und 1953, die erst noch das Jahrhundertereignis von 1947 einschliesst, als die schwerste klimatische Belastungsprobe heraus, welche der Wald seit 1500 zu verkraften hatte. Nach dem Zusammenbruch der Borkenkäfer Populationen zu Beginn der 1950er Jahre wurden jedoch längerfristig keine Folgeschäden gemeldet, was darauf hindeutet, dass sich der Wald selbst von diesem ausserordentlichen Dürrestress gut und relativ rasch erholte.

3. Diese Ergebnisse lassen sich dahingehend interpretieren, dass ein standortsgemässer, naturnaher Wald gegen die direkten und indirekten Folgen von sommerlicher Dürre früher anscheinend resistenter war als landwirtschaftliche Kulturen, vermochte er doch selbst Häufungen von Trockensommern im Gefolge von Klimaschwankungen ohne längerfristige Folgeschäden zu verkraften. Heute werden bereits Witterungsphasen wie die trockenen Herbste 1985 und 1986, welche nicht einmal zu nennenswerten Einbussen bei den Emdernten führten, ursächlich mit der Vitalitätsschwächung der Bäume verknüpft. Wenn dem so ist, so muss dieser Befund im Sinne einer verminderten Belastbarkeit gedeutet werden. Neu

als belastendes Element dazugekommen ist in den letzten beiden Jahrzehnten die zunehmende Konzentration von Schadstoffen in der Luft. Wir wissen jedoch noch wenig, wie verschmutzte Pflanzen auf zusätzliche biotische oder abiotische Stressbelastungen wie etwa sommerliche Dürre und Befall durch Borkenkäfer reagieren. Mit Hilfe dendrochronologischer Studien können zwar abrupte Wachstumsveränderungen an Bäumen erfasst werden, doch sind wir oft nicht in der Lage, die Ursache extrem schmaler oder breiter Jahrringe zu erklären. Damit die Wirkung umweltschädigender Agentien im Jahrringbild überhaupt erkannt werden kann, ist es nötig, vorerst die natürlichen Umwelt-Jahrring-Beziehungen zu studieren (SCWEINGRUBER, 1987). Experimentelle Hinweise, dass der Wasserhaushalt durch Schadstoffeinwirkung beeinträchtigt wird, sind allerdings vorhanden (z.B. NEIGHBOUR, COTTAM, MANSFIELD, 1988).

Fig. 14: Die Häufigkeit von Trockensommern im Mittelalter
Dargestellt ist die Differenz der als 'trocken' und 'feucht' charakterisierten Sommern pro Jahrzehnt.
Quelle: ALEXANDRE (1987)




In der Periode 1200 bis 1310 trugen die Sommer in 8 von 11 Jahrzehnten überwiegend warm-trockenen Charakter. Gehäuft traten Trockensommer in den Jahrzehnten 1220-1229, 1240-1249 und 1260-1269 auf.

4. Sollte der Wald in seinem heutigen Zustand tatsächlich nicht mehr in der Lage sein, die Folgewirkungen einzelner Trockensommer zu verkraften, wie sie im langjährigen Durchschnitt alle sieben Jahre zu erwar-

ten sind, drängt sich die Frage auf, wie er denn auf Sequenzen von Dürrejahren oder auf Fünfhundertjahr-Ereignisse in der Art des Sommers 1540 reagieren würde, in welchem nur an sechs Tagen geringfügige Niederschlagsmengen fielen. Auf Grund der kontinuierlichen Anreicherung von Spurengasen in der Atmosphäre ist bis zum Jahre 2030 eine globalen Temperaturerhöhung von 1.5 bis 4.5 Grad zu erwarten (WMO, 1986). Dies könnte Mitteleuropa sehr wohl eine grössere Häufigkeit und Intensität sommerlicher Dürreperioden bescheren (FLOHN 1984). Im Hochmittelalter dürften die Temperaturen in der Vegetationsperiode um 1.5 bis 1.7 °C höher gewesen sein als heute (PFISTER 1988). Historisch kann eine mutmassliche Nordverschiebung des Subtropengürtels auf Grund der für das 13. Jahrhundert vorliegenden Daten vermutet werden (vgl. Fig. 14). Auf einen durch Luftschadstoffe geschwächten Wald dürfte sich eine solche Klimaveränderung doppelt verheerend auswirken.

## 6.2. Extreme Witterungsereignisse und Schadenwellen

Die vorliegende Arbeit erfasst, wie bereits im Kap. 3 festgehalten worden ist, nur Meldungen von akuten Schadenereignissen und keine langanhaltenden Wachstumsrückgänge oder allmählich eintretenden Kronenverlichtungen, welche beide in der aktuellen Waldschaden-Diskussion eine wichtige Rolle spielen. Aussagen über langfristige Folgen sind möglich, indem, wie im voranstehenden Abschnitt, die zeitlichen und räumlichen Zusammenhänge von Dürre und Borkenkäfervermehrung untersucht werden und indem die These eines wellenförmigen Auftretens von Schäden anhand des gesamten gesammelten Materials geprüft wird. KANDLER (1985: 269) formuliert: "Bestimmte Klimabedingungen können auch zu einer Synchronisierung ganzer Gruppen von Krankheiten führen und 'Wellenbäuche' von komplexen Schädigungen erzeugen, wie dies z.B. von feuchten Jahren für eine Reihe von Pilzkrankheiten oder von warmen, trockenen Jahren für verschiedene Insektenschäden und insektenübertragene Virosen bekannt ist." Figur 15 zeigt am Beispiel der Region Zürich-Aargau-Luzern eine Uebersicht der verschiedenen indexierten Schäden. Der Befall durch Schädlinge erfolgt deutlich wellenförmig, wobei zu beachten ist, dass einzelne Arten über Jahrzehnte hinweg nie völlig verschwinden, jedoch nur geringe Schäden anrichten. Die Pilze vermehren sich in sehr engem Zusammenhang mit relativ feuchter und kühler Witterung im Frühling und Sommer. Als Beispiel können die Jahre nach 1912 angeführt werden: die grossen Pilzschäden treffen mit positiven hygrischen Indices (Niederschläge über dem langjährigen Mittel) und negativen thermischen Indices (Temperatur unter dem langjährigen Mittel) zusammen (zur Klimageschichte vgl. Kap. 5). Beim Borkenkäfer ist zu beachten, dass Phasen der Massenvermehrung meist mit Dürre einhergehen (vgl. Kap. 6.1.). Allerdings ist dieser Zusammenhang in der Region Zürich-Aargau-Luzern nicht immer gegeben: 1886-88 erfolgt eine bescheidene Vermehrung ohne Trockenheit, aber mit vorangehenden starken Schneebrüchen und Spätfrostschäden. Mitte der 1930er Jahre reagiert die Käferpopulation nicht auf Dürreerscheinungen und zu Beginn der 1950er Jahre vermindert sie sich trotz günstiger Witterung. Der Massenwechsel der übrigen Insekten lässt sich anhand der Figur nicht in direkten Zusammenhang mit Witterungsereignissen bringen. Es gehört zur Charakteristik von Wellenbewegungen, dass ihre Richtung regelmässig wechselt, dass mit zunehmender Befallszeit und -intensität

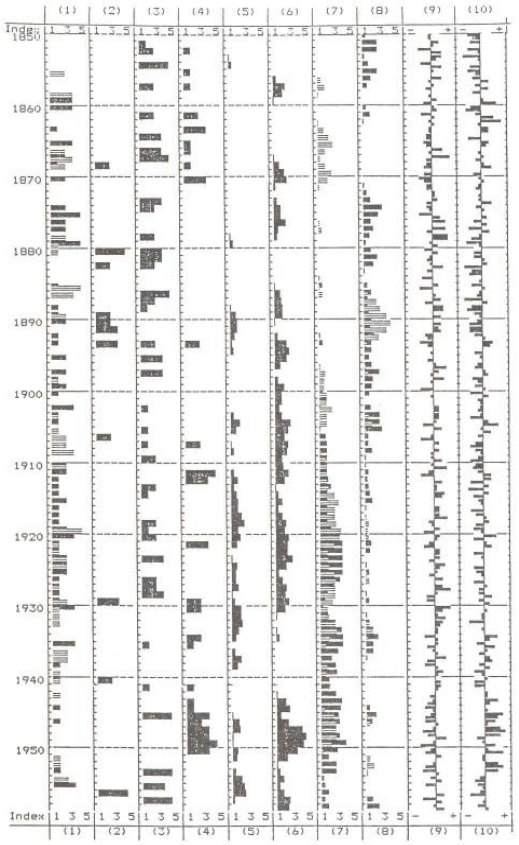



Fig. 15: Schadenübersicht für die Region Zürich-Aargau-Luzern 1850-1960

Indices (1-5) der Schäden pro Jahr und Region: Die Länge der Balken gibt die Intensität der Schädigungen an.

Die Insekten- und Pilzschäden sind geglättet nach der Formel (a+4b+2c):7

Die hygrischen und thermischen Indices zeigen die Abweichung vom langjährigen Mittel in bezug auf Niederschläge bzw. Temperaturen an.

(1) ■ Sturmschäden Index 1
▦ Schneedruckschäden Ind. 1
(2) Winterfrostschäden
(3) Spätfrostschäden
(4) Dürreschäden
(5) Pilzschäden
(6) Borkenkäferschäden
(7) ■ Schaden durch Läuse Index 1
▦ Schaden d. Blattwespen Ind. 1
(8) ■ Schaden d. Rüsselkäfer Ind. 1
▦ Schaden d. Motten Index 1
(9) Hygrische Indices nach PFISTER (1984): Die Werte von Frühling und Sommer sind jeweils für jedes Jahr nacheinander angegeben.
(10) Thermische Indices von Frühling und Sommer

die Zahl der möglichen Wirte für einen parasitären Schädling kleiner wird. Daraus ergibt sich eine gewisse Periodizität, die tendenziell auch für Witterungsschäden gilt, indem bspw. ein massiver Schneebruch am betroffenen Ort für einige Zeit die exponiertesten Bäume oder Bestände eliminiert. Die Figur belegt also wellenförmige Verläufe verschiedener Schädigungsarten, die zum Teil, aber nicht vollständig synchronisiert sein können. Dabei spielen extreme Witterungsereignisse durchaus eine Rolle, sie dürfen allerdings nicht überbewertet werden, denn die kleinräumige Struktur der Schweiz hat zur Folge, dass jedes Extrem immer nur in einem Teil der Waldungen grossen Schaden anrichten kann. Sogar nach dem ausgeprägten Trockenjahr 1911 können rund zwei Drittel der Revierförster im Kanton Obwalden berichten, ihre diesjährigen Saaten und Pflanzungen seien trotz der sommerlichen Trockenheit gut gediehen (Bericht über das kantonale Forstwesen 1911).

Auf einem tiefen Niveau erfolgen also ständig Schädigungen, deren Entwicklung beim einzelnen Schädling durchaus wellenförmig erfolgt, ohne dass aber eine Synchronität des gesamten Befalls existierte. Bei den parasitären Pilzen und den Borkenkäfern sind geradezu gegenläufige Bewegungen festzustellen. Einschränkend muss allerdings gesagt werden, dass natürlich ein und derselbe Bestand trotzdem über längere Zeit geschädigt werden kann, indem verschiedene Schädlinge einander ablösen. Die Art der hier vorliegenden Datenauswertung kann dies nicht ausschliessen.

Betrachtet man nur die Extremschäden (Fig. 16), dann lassen sich einzelne Häufungen von starken Witterungsschäden erkennen: Windfall und Frost in den Jahren 1879 und 1880; Dürre, Frost und Windfall zwischen 1893 und 1897; Sturm-, Schneebruch und Dürre in den Jahren 1909 bis 1911 sowie die Dürreschäden der 1940er und 1950er Jahre. Günstigere Phasen für den Wald waren dagegen die 1870er Jahre, die zweite Hälfte der 1910er Jahre sowie die Zeit zwischen 1936 und 1944. Ueber den Zusammenhang zwischen extremen Witterungsschäden und Schädlingsbefall (in Fig. 16 am Beispiel der Borkenkäferschäden gezeigt) kann dasselbe festgehalten werden wie im vorangehenden Abschnitt: Zeitliche Parallelen bei beiden Schädigungsarten lassen sich zwar herauslesen, aber ein synchroner Verlauf ist nicht gegeben. Die engsten Wechselwirkungen bestehen zwischen Dürreerscheinungen und dem Befall durch den Sekundärschädling Borkenkäfer. Die These von der wellenförmigen kumulativen Schadenentwicklung in der Vergangenheit lässt sich durch das vorliegende Material am Beispiel der Schweiz nicht bestätigen. Am Einzelnen Bestand mag sie sich durchaus als zutreffend erweisen, aber im Grossraum Schweiz kann höchstens das Jahrhundertereignis der Dürreperioden in den 1940er Jahren als Beleg dienen.

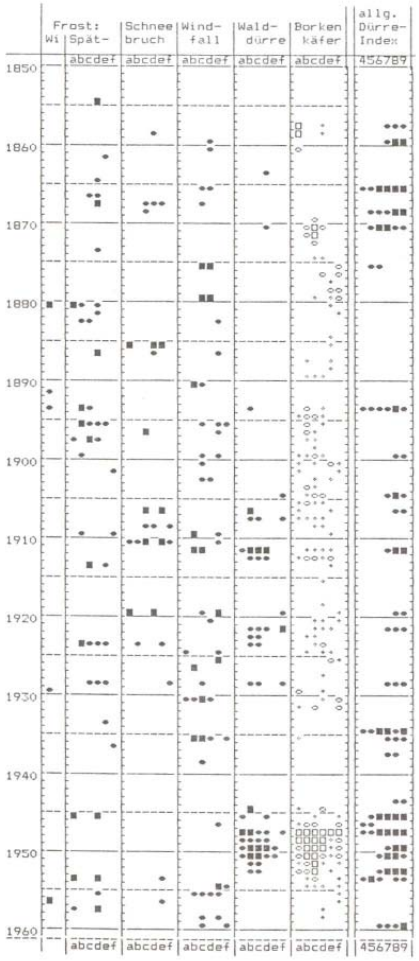



Fig. 16: Extreme Schäden 1850-1960

Indices der Schäden pro Jahr und Region: mittlere Schäden = Index 3, katastrophale Schäden = Index 5.

Dürreindices pro Monat: April (4) bis September (9):
Kreis (•): Index 3 bis 7
Rechteck (■): Index 8 und mehr
(Vgl. auch Kap. 5)

Regionen:
a: Nordostschweiz (Schaffhausen, Thurgau)
b: Jura
c: Mittelland (Bern, Oberaargau, Solothurn)
d: Mittelland (Zürich, Aargau, Luzern)
e: Alpen (Innerschweiz bis Rheintal)
f: Wallis

Dürre:
• = Index 3
■ = Index 4 und 5
Borkenkäfer:
· = Index 2
◇ = Index 3
□ = Index 4 und 5
Uebrige Schäden:
• = Index 3
■ = Index 4 und 5

## 7. AELTERE MELDUNGEN VON AUFSEHENERREGENDEN WALDSCHAEDEN UND IHRE BEDEUTUNG

Meldungen über 'Waldsterben' in der Vergangenheit haben in den letzten Jahren wiederholt Schlagzeilen gemacht, weil sie darauf hinzudeuten schienen, dass das heutige Siechtum des Waldes nichts Neues sei und folglich mit der Zunahme der Luftverschmutzung nicht ursächlich in Zusammenhang gebracht werden könne. Im folgenden sollen einige Meldungen und Beobachtungen dieser Art in ihrem umwelt- und humangeschichtlichen Kontext interpretiert werden.

### 7.1. 'Von Absterbung der Bäume in der Schweiz, insonderheit der rothen Tannen' (1722)

So ist eine kurze Notiz in der 'Sammlung von Natur- und Medizin-Geschichten' aus der Feder von Johann Jakob SCHEUCHZER (1722) betitelt. Der berühmte Zürcher Naturforscher beschreibt in lateinischer Sprache ein im 'Grossen Flimser Wald' beobachtetes Verdorren grösserer Bestände von Fichten und Weisstannen. Scheuchzer führt sämtliche Erklärungsversuche von Wissenschaftern und Betroffenen an, ohne selbst Stellung zu beziehen: das fortgeschrittene Alter der Bäume, den felsigen Untergrund und die Schwächung durch Sturmwinde, giftige, aus dem See aufsteigende Dämpfe, schliesslich kleine Würmer, die aus den abdorrenden Bäumen hervorkrochen. Befall durch Forstinsekten ist nach heutigem Wissen die plausibleste Erklärung, wobei es sich um einen Borkenkäferherd gehandelt haben mag.

Borkenkäferbefall wurde im 18. Jahrhundert als erste Waldkrankheit wissenschaftlich untersucht. 'Die grossen Verheerungen Anfang der 80er Jahre des 18. Jahrhunderts [nach einer Häufung von warm-trockenen Sommern!] in den Fichtenbeständen des Harzes veranlassten eine ganze Reihe von Veröffentlichungen über diese Kalamität, die als erste Spezialarbeiten auf forstentomologischem Gebiet gelten können' (KEHR 1964). Der Name 'Borkenkäfer' taucht erst 1793 in Deutschland zum ersten Mal auf. Borkenkäferbefall wird aber noch bis ins 19. Jahrhundert sehr anschaulich als 'Wurmtrocknis', 'Baumtrocknis' oder ganz einfach als 'Trocknis' bezeichnet. Scheuchzer dürfte seine 1722 publizierte Beobachtungen in den vorangehenden Jahren gemacht haben. 1718 und 1719 folgten zwei Dürresommer unmittelbar aufeinander, ein in dieser Intensität seit 1500 einzigartige Erscheinung (vgl. Figur 12 und 13). Von da her scheint eine ausserordentliche Massenvermehrung des Käfers plausibel.

### 7.2. Das Verdorren von Wäldern in Sachsen (1724)

Bekannt sind die diesbezüglichen Angaben in der Schrift von H.F. FLEMING (1724), Oberforst- und Wildmeister in Sachsen, über einen ausserordentlichen Anfall von Dürrholz in den dortigen Wäldern: Man hat 'damahls dafür gehalten, dass dieses Uebel daher rühre, weil in den Jahren 1702, 1704, 1707 und 1708 schlechte Winter mit wenigem Schnee, auch trockne Sommer gewesen, daher an nassen Orthen dem Holze die nöthige und sonst so

gewohnte Feuchtigkeit entgangen. Nach diesem aber, seither dem [sic!] in der Nacht zwischen dem 11. und 12. Feb. ann. 1715 gewesenen bekandten grossen Sturm-Winde, durch welchen allenthalben in Wäldern unzehlige tausend Stämme Holz mit den Wurzeln ausgerissen und umgeworffen worden, ist das Absterben des Fichten-Holtzes am ersten aus dem Tharandischen Walde von neuem angegangen, so allda bis 1719 in sehr grosser Anzahl nicht allein continuieret, sondern auch nach und nach in andere Wälder weit und breit eingerissen, und in denen trockenen Sommern ann. 1718 und 1719 ungemein überhand genommen'. Die Art, wie der zuletzt angesprochene Schadenzyklus ab 1715 beschrieben wird, lässt wiederum auf den Borkenkäfer schliessen: ein weiträumiger Windwurfschaden als Primärherd, davon ausgehend Massenvermehrung der Käfer in den zwei aufeinanderfolgenden Sommern 1718 und 1719, die offensichtlich in Sachsen ähnlich heiss und trocken waren wie in der Schweiz (vgl. Fig. 12 und 13). Auch die für die Jahre nach 1700 geschilderte Schneearmut der Winter ist für die Schweiz nachgewiesen; allerdings trat nur in einem einziger Sommer (1706) eine längere Sommerdürre auf. In den Jahren 1685 bis 1700 erreichte in Europa die Klimaverschlechterung mit einer Häufung von extrem kalten Wintern und Frühjahrsperioden sowie kühlen, nassen Sommern einen säkularen Höhepunkt (PFISTER 1984). Es sind dies Bedingungen, die sich auf die Vermehrung von Insekten nicht eben günstig ausgewirkt haben, wodurch möglicherweise in der Periode der Wiedererwärmung nach 1700 eine überdurchschnittlich hohe Zahl von wenig resistenten Bäumen anstand,die den geschilderten Kalamitäten des beginnenden Jahrhunderts ausgesetzt waren.

## 7.3. Die Kalamitäten 1800 bis 1812

Diese Massenvermehrung hat zwei Höhepunkte, einen nach der Jahrhundertwende - nach dem Trockensommer 1800 (Dürrewert 5 im August) und den beiden Dürresommern 1802 und 1803 - und den anderen von 1808-1810 (nach dem extremen Dürresommer 1807). Die Quellen belegen die Käfervermehrung für die Kantone Bern, Aargau und Zürich. Vermutlich sind auch andere Teile der Schweiz erfasst worden (BUETIKOFER 1987).

Im Jahre 1800 ist in einem Bericht von der am Uetliberg ausgebrochenen 'Wurmtrocknis' die Rede. Der Zürcher Forstinspektor Hirzel erwähnte im Oktober 1802 umfangreiche Borkenkäferschäden, genannt die Holzpest. Im Dezember des gleichen Jahres erwähnte er, 'dass davon gantze Holzbezirke völlig abgestanden und dörr geworden'. In einem ausführlichen Bericht vom 27. September 1803 betonte Hirzel, dass sich der Borkenkäfer infolge der ungenügenden Bekämpfung in den Fichtenbeständen ständig weiter ausgebreitet habe. Als Hauptursache betrachtet er 'die so zahlreichen Entrindungen bei den Feldlagern während des [Zweiten Koalitions-] Krieges [Schlacht bei Zürich 1799] und die dabei gemachten grossen Verhaue'. In den folgenden Jahren gingen dann die Borkenkäferschäden fast ganz zurück (KREBS 1983).

Ein Zirkular an die bernischen Oberamtmänner vom 24. März 1809 meldete, 'dass sich seit einiger Zeit in vielen Wäldern des Kantons ein Abdorren der Rothtannen erzeige, so dass bald einzelne Stämme, bald ganze kleinere und grössere Bezirke in kurzer Zeit ganz dürr werden und abstehen'. Die

Gemeindevorsteher wurden angewiesen, zur Bekämpfung des Borkenkäfers den Bannwarten Anleitungen zum Aushieb aller eingegangenen Stämme abzugeben (FANKHAUSER 1893). In einzelnen Waldungen verdorrten in einem einzigen Jahr 600 bis 1200 Klafter Holz (v. GREYERZ 1866). Diese Massenausbreitung des Käfers war die Folge des Dürresommers 1807, in welchem nach den Aufzeichnungen eines anonymen Berner Beobachters Quellen und Bäche versiegten, die Obstbäume gelb wurden und die Früchte fallen liessen (PFISTER 1985).

Schon zu Beginn des 19. Jahrhunderts erliessen die Zürcher und die Berner Obrigkeit die Weisung, das Käferholz fortzuschaffen, wie dies heute noch der Fall ist (KREBS 1983; FANKHAUSER 1893).

### 7.4. Ueberweidung und Harzgewinnung als Schadenursachen. Ein Beispiel von Wipfeldürre aus dem 18. Jahrhundert

Umweltbeobachtungen wurden von den aufgeklärten Oekonomischen Patrioten des 18. Jahrhunderts systematisch angeregt und durchgeführt. Unter dem Titel 'Entwurf der vornehmsten Gegenstände der Untersuchungen, die zur Aufnahme des Feldbaues, des Nahrungsstandes und der Handlung abzielen sollen' legten die Berner Oekonomen 1762 ein umfassendes Forschungsprogramm vor. Es umfasst über 300 Fragen, die alle Erscheinungen der Umwelt und der menschlichen Aktivität systematisch durchgehen (PFISTER 1975). Die den Wald betreffenden Fragen sind im Abschnitt über die 'Naturgeschichte der ursprünglichen Früchte und Geschöpfe des Landes' enthalten. In unseren Kontext sind es die folgenden: '10. Welche gattungen holzes werden zum meisten in unseren waldungen angetroffen?' und 'Welche eigenen krankheiten und zufällen [Schäden] ist jede art unterworfen?' (ENTWURF 1762). Die Beobachtung von Waldschäden wurde somit angeregt; aber längst nicht alle Verfasser von Topographien haben diese Anregung aufgenommen.

Eingehend geht WILDERMETT (1768) in seiner 'Topographischen Beschreibung des Bieler-Sees' auf die Ursachen des 'beschleunigten Abgangs' der oberen Waldungen an der südlichsten Jurakette ein: 'Die dauer eines waldes hängt nicht wenig von der natur des bodens, worauf selbiger steht, ab, deswegen darf man sich nicht wundern, wenn man in den an den Bielerbergen gelegenen waldungen der sogenannten schafhalen eine beträchtliche menge im besten alter abgestandener bäume gewahret; wenn auch nur selten hier einige junge tannenpflänzgen angetroffen, so fangen dieselben schon sobald sie zu der höhe von 6 bis 8 schuhen [ca. 2 m] gelanget, oben zu dörren an, und damit ist ihr ferneres wachsthum völlig gehemmt'. Als Hauptursache betrachtet Wildermett die stärkere Beweidung, 'da in der späten jahrszeit das hungernde vieh die pflanzen bis an die wurzeln abnagt', während früher 'das vorzeiten häufig verfaulende gras zur winterszeit diesem rauhen berglande einige düngung und wärme verschaffte'. Eine weitere Ursache für dieses an das heutige Waldsterben erinnernde Schadenbild liefert Vinzenz Bernhard TSCHARNER (1762) in seinen 'Anmerkungen über die lage des sogenannten Münsterthales': 'Sobald die Rothtanne zu einer mittelmässigen höhe gewachsen ist, so werden im frühjahre zu rings an dem stamme, einen fuss [30 cm] hoch über der Wurzel, bis in die höhe von sechs Fussen, senkelrechte [sic!] Einschnitte gemacht

.... das auskrazen des harzes geschieht jährlich einmal im herbst oder frühjahre mit hilfe eines schneidenden hakens. Damit aber das harz oder das pech leichter und mit mehrerem überflusse in diese öffnungen ausfliesse, so muss der rand der einschnitte zu zeiten im maymonate durch eine neue aushölung erfrischt werden. Durch diesen doppelten angriff werden die wunden des stammes immer tiefer und länger, bis endlich der obere theil des baumes alles nahrungssaftes beraubt wird, eine röthliche farbe gewinnt und endlich verdorret'. Der Abgang dieser Bäume wird also von beiden Beobachtern klar auf Raubbau durch Ueberweidung und Harzgewinnung zurückgeführt. Bemerkenswert für unsere Fragestellung ist vor allem die für die damaligen Verhältnisse erstaunliche Einsicht in Wirkungszusammenhänge und vor allem die sorgfältige Beschreibung des Schadenbildes. Ganz allgemein lässt sich feststellen, dass die aufgeklärten Oekonomischen Patrioten des 18. Jahrhundert ihre natürliche und gesellschaftliche Umwelt hervorragend beobachtet und bis in Einzelheiten beschrieben haben. Von da her ist zu vermuten, dass weiträumige auffallende Waldschäden von diesen Beobachtern kaum mit Stillschweigen übergangen worden wären.

### 7.5. Wie sind alte Meldungen über 'Waldsterben' im Vergleich mit der aktuellen Situation zu deuten?

Alte Berichte von einem rätselhaften, besorgniserregenden, räumlich verdichteten Abdorren von Fichten und Tannen stammen in der Regel aus der Zeit unmittelbar nach Dürresommern. Sie dürften in den meisten Fällen das Schadbild von Borkenkäferherden ansprechen. Entsprechend der grossräumigen Dimension von stabilen Hochdrucklagen, welche heiss-trockenen Sommern zugrundeliegen, können die Schadenmeldungen aus einem geographisch sehr weiten Umkreis stammen. Berichte aus der Schweiz (1722) und aus Sachsen (1724) lassen sich beispielswiese beide auf die Nachwirkungen der Dürresommer von 1718 und 1719 zurückführen, die als einzige seit 1500 unmittelbar aufeinanderfolgten und von da her eine in den letzten Jahrhunderten vielleicht einzigartige Vermehrung der Borkenkäfer gefördert haben. Von da her erklärt sich die scheinbare Uebereinstimmung mit dem heutigen, grossräumigen Schadenbild. Diese Beobachter sprechen jedoch punktuelle, räumlich eng begrenzte Schäden an. Auf Grund der heutigen forstwissenschaftlichen Erkenntnisse ist anzunehmen, dass die Schäden abklangen, nachdem die Käferpopulationen nach der Zunahme der sommerlichen Niederschläge zusammengebrochen waren. Nach der verordneten Entfernung des Dürrholzes gab der Wald offensichtlich auch keinen Anlass mehr zu weiteren Schadenmeldungen. Auf Grund der kurzen Dauer solcher Schadenzyklen und der räumlich beschränkten, punktuellen Ausdehnung der Herde sind ursächliche Parallelen zum heutigen grossräumigen und über längere Zeit anhaltenden Schadensverlauf nicht gegeben.

Ob die damaligen Beobachter Schadenbilder wahrgenommen und aufgezeichnet hätten, die den heutigen entsprechen, lässt sich nicht schlüssig beantworten. Im Vordergrund standen damals jene, die durch die Uebernutzung durch Menschen und Vieh bedingt waren. Was PLOCHMANN und HIEKE (1986) jedoch mit Blick auf die bayrischen Waldschadenereignisse im 19. und 20. Jahrhundert feststellen, gilt auch für die Schweiz: 'In aller Regel waren die Berichterstatter scharfe Beobachter und genaue Beschreiber. Es kann

davon ausgegangen werden, dass von wenigen Ausnahmefällen abgesehen, die Ursachen der Schadenereignisse zweifelsfrei und richtig gemeldet wurde.' In der Dokumentation von BUETIKOFER (1987) sind auch kleine Schäden, beispielsweise Beschädigungen von Knospen durch Wild, der Borkenkäferbefall von 20 Bäumen, die vorübergehende Bräunung der Gipfel von Fichten infolge Befalls durch Blattwespen, das Absterben neuer Triebe etc. enthalten. Im weiteren sind auch Negativmeldungen vertreten, das heisst, die Forstfachleute bestätigten den guten Gesundheitszustand des Waldes, wenn sie keine Schäden entdecken konnten.

In der Umgebung von Industriebetrieben wurden von den Beobachtern schon im 19. Jahrhundert auch Immissionsschäden festgestellt, wie vor allem deutsche Quellen belegen. WENTZEL (1987) erwähnt einen ersten wissenschaftlichen Bericht aus dem Jahre 1845, auf den weitere folgten. GROHMANN (in WISLICENUS 1985) macht zur Jahrhundertwende die Feststellung, dass in seinem sächsischen Forstrevier neben akuten viele schwache, nur schwer erkennbare Schäden auftreten, die sich aber in einem Zuwachsrückgang bemerkbar machen. Weiter wurde auch schon erkannt, dass 'eine chronische Immissionswirkung immer auch eine verstärkte Anfälligkeit gegen natürliche Gefahren hervorruft' (WENTZEL 1987).

Auch in der Schweiz wurde das Problem erkannt. Am 30. April 1918 verschickte das Schweizerische Departement des Innern, Inspektion für Forstwesen, Jagd und Fischerei, ein Kreisschreiben an die Kantone, in dem es unter anderem heisst: 'Die Fälle mehren sich, in denen durch den Rauch, welcher im Betrieb gewisser industrieller Etablissemente sich entwickelt und in deren Umgebung ausbreitet, die Vegetation im allgemeinen und der Wald speziell erheblich geschädigt werden.' Die Kantone werden gebeten, 'allfälliges Material über diesen Gegenstand ... mitzuteilen'.

Die Antworten der Kantone (zusammengestellt bei MAECHLER 1988) waren sehr vorsichtig abgefasst. In der Regel wird von Unannehmlichkeiten oder Belästigungen, nicht aber von Schäden gesprochen. In den meisten erwähnten Fällen standen Staubablagerungen und nicht gasförmige Ausströmungen im Vordergrund. Ueber eindeutige Schäden am Wald wird in den folgenden Fällen berichtet: In der Nähe einer Zementfabrik bei Walenstadt gingen im Jahre 1907 Lärchen ein und Buchen zeigten verfrühten Laubfall. In Davos traten Schäden in der Umgebung der Gasfabrik auf, die in der Folge den Wald aufkaufte. In Märstetten (TG) waren in der Nachbarschaft einer Düngerfabrik Schäden im Föhrenwald aufgetreten. Der Kanton Schaffhausen berichtete über Schäden an Nussbäumen und Reben durch Fluordämpfe und schweflige Säure. Der Kanton Tessin meldete, dass der Rauch aus der Karbidfabrik von Bodio Vergilbung und vorzeitigen Blattfall an der Kastanie verursachte. Einen Einblick in die damalige Stimmung gibt eine bemerkenswerte Stelle aus dem Antwortschreiben des Kantons Tessin: 'Wenn man nun behaupten will, dass dem Wald kein Schaden zugefügt wird, ist das eine Absurdität, weil die einfachste botanische Physiologie uns lehrt, wie und was die Pflanzen atmen. Es wäre deshalb eine Dummheit unsererseits, wenn man durch unsere Vernachlässigung den aktuellen Stand tolerieren würde, indem man einen Schaden erlaubt, der scheinbar nicht bemerkt wird, aber der später schwere Folgen haben kann. Damit will man aber nicht die wenigen Industrien bekämpfen, welche in unserem Kanton Fuss fassen konnten. Man verlangt einfach, dass sich die Industrien in Harmonie mit der

Land- und Forstwirtschaft entwickeln und dass sie alle Massnahmen treffen, um jeden Schaden so weit wie möglich zu eliminieren.'

Die Beobachter wurden also zumindest in betroffenen Regionen schon früh auf Immissionsschäden aufmerksam und haben entsprechende Aufzeichnungen hinterlassen. Aus allen Meldungen geht hervor, dass Schäden örtlich begrenzt im Einflussbereich der schadstoffemittierenden Anlagen auftraten. Schon damals wurde vor der Anlage hoher Schornsteine gewarnt, weil dadurch Berge und Täler den Schadstoffen ausgesetzt würden (WENTZEL 1987).

Lang andauernde Schädigungen sind charakteristisch für Walderkrankungen, die durch Immissionen verursacht werden. Damit grenzen sie sich gegenüber den auf- und abschwellenden Schäden durch natürliche Ursachen ab (WENTZEL 1987). Dies bestätigt den natürliche Ursprung der in diesem Bericht zusammengestellten historischen Schadenereignisse und dürfte tatsächlich ein Abgrenzungsindiz gegenüber den heute wahrgenommenen Waldschäden darstellen. Für eine direkte Gegenüberstellung der früheren und der aktuellen Waldschäden fehlen allerdings vergleichbare Erhebungen. Dort, wo Angaben zu Immissionsschäden vorliegen, handelt es sich um 'Rauchschäden' auf Grund einer hohen lokalen Belastung. Die Schadstoffe wurden von stationären Anlagen mit geringer Quellhöhe abgegeben. Heute ist die Belastung auf Grund der grösseren Quellhöhe, der Vielzahl von stationären und mobilen Quellen grossräumiger verteilt. Im Vordergrund steht deshalb eine chronische Schädigung, die viel schwieriger nachzuweisen ist. Trotzdem wurde eine solche in den alten Schriften auch schon erwähnt und ausdrücklich vor der Gefahr einer weiteren Ausbreitung der Schadstoffe durch höhere Kamine gewarnt. Alle in diesem Bericht enthaltenen Angaben bestätigen, dass die früheren Schäden, bei denen nicht ausdrücklich Immissionen im Spiel standen, Kurzzeit- oder wellenförmigen Charakter hatten und meist durch extreme Witterungsereignisse ausgelöst wurden. Selbst nach den Dürrejahren 1947 und 1948 erholte sich der Wald nach kurzer Zeit, wie auch aus der Jahrringstudie von LENZ et al. (1988) von Standorten im Berner Mittelland hervorgeht. Es besteht kein Zweifel, dass sich extreme Witterungsereignisse auch unter den aktuellen Gegebenheiten auf den Wald auswirken. Methodisch lässt sich die Ursachenfrage aber nicht damit beantworten, dass solche Auswirkungen festgestellt werden. Sie kann nur beantwortet werden, wenn geklärt wird, ob sich die Sensitivität gegenüber klimatischen Einflüssen verändert hat (vgl. BOSCH und REHFUESS 1988 sowie MAYER et al. 1988). Dies wurde im vorliegenden Bericht getan, indem mit den Auswirkungen des Klimas auf landwirtschaftliche Kulturen verglichen wurde. Das Ergebnis deutet darauf hin, dass der Wald heute empfindlicher auf klimatische Einflüsse reagiert.

## 8. AUSBLICK

Es war weder das Ziel der Arbeit noch die Absicht der Autoren, alle Fragen im Zusammenhang mit den Waldschäden bzw. dem Waldsterben in der Vergangenheit umfassend zu beantworten. Ausser Reichweite stand auch die Klärung des Vorwurfs, die heutigen Waldschäden seien gewissermassen durch die anthropogen bedingte Entwicklung (forst- und landwirtschaftliche Nutzung) vorprogrammiert.

Aus der Erkenntnis, dass die Zusammenhänge komplex sind, entschloss man sich, zunächst auf den bestehenden Ergebnissen der historischen Klimaforschung aufzubauen und diese mit relativ einfach zu erhebendem, aber umfassendem Quellenmaterial in Zusammenhang zu bringen; mit Quellenmaterial allerdings, das wegen seines Status als Mitteilungen in Fachzeitschriften und als Rubriken in amtlichen Rechenschafts- und Jahresberichten usw. bisher kaum genügend Beachtung, vor allem kaum eine Auswertung über grössere Zeiträume erfahren hatte. Die gemeldeten Schäden waren Einzelereignisse, die mit gewissen Periodizitäten oder Naturereignissen in Zusammenhang gebracht werden konnten. Es brauchte das geschulte Auge des Historikers, um in diesen Berichten auch das herauszulesen und über längere Zeiträume in Zusammenhang zu bringen, was auf den ersten Blick für jenen, der täglich damit zu tun hat, als normale Reaktion erscheint. Es brauchte auch den Mut und die Beharrlichkeit des aussenstehenden Historikers, Meldungen erklärt haben zu wollen und nicht unter den Tisch fallen zu lassen, die nicht zu den "grossen" Erkenntnissen der Forstwissenschaft oder der forstlichen Pathologie gehören, und sich damit dem Urteil der Spezialisten auszusetzen.

Es ging bei dieser ersten Untersuchung konkret um die Abklärung der Frage, ob die heutigen Waldschäden einem ähnlichen Abhängigkeitsmuster von klimatischen Einflüssen (Dürre, Wind, Schnee etc.) folgen wie jene, die in der ausgewerteten Literatur beschrieben wurden, und darum, ob sie durch die klimatischen Einflüsse **genügend** zu erklären seien.

Im Zusammenhang sowohl mit den Methoden zur Erhebung des Gesundheitszustandes des Waldes (Sanasilva etc.) wie auch mit der öffentlichen Diskussion über Existenz, Wahrnehmung und Ausmass der neuartigen Waldschäden zeigt sich als wesentliches Bedürfnis die **Abklärung und Festlegung einer Vergleichsbasis**, die es erlauben würde, Zustand und Entwicklung heutiger Waldbestände mit früheren zu vergleichen. Dies ist auf direktem Wege nicht möglich, da brauchbare Unterlagen fehlen und mit der detaillierten Erhebung der Phänomene und den Erklärungsversuchen erst nach der Feststellung der neuen Schädigung, d.h. erst vor wenigen Jahren begonnen wurde. Methodenprobleme verkürzen die Vergleichbarkeitsperiode zusätzlich. Damit ist die Notwendigkeit gegeben, die Vergleichsbasis auf anderem Wege zu (re-)konstruieren.

Naheliegend wäre es - und dies wurde auch immer wieder (allerdings ohne die notwendigen methodischen Abklärungen) versucht - ältere Photographien und allenfalls andere bildliche Darstellungen mit dem heutigen Zustand direkt im Wald oder auf einem Bild(-träger) zu vergleichen. Dieser Vergleich muss aus verschiedenen Gründen sehr sorgfältig geschehen, besonders da bei der photographischen Wiedergabe von Waldbeständen beispiels-

weise die Lichtverhältnisse (Belichtung, Gegenlicht etc.) eine äusserst delikate Rolle spielen und sich bei jeder Reproduktion (die in der Regel als "Beweise" herangezogen werden) die Probleme vergrössern. Zudem existieren kaum systematische Aufnahmereihen. Einzelvergleiche können zwar wertvolle Hinweise für auffallende Erscheinungsformen bestimmter Waldteile und von Einzelbäumen in der Vergangenheit geben, sie **können aber nicht das komplexe Bild des Zustandes des Oekosystems (Wald und Umgebung) zu einem bestimmten Zeitpunkt charakterisieren.**

Auskunft über Teilaspekte können auch zahlreiche weitere Quellenarten geben. Bewirtschaftungsunterlagen (Wirtschaftspläne, Nutzungskontrollen, Projektbeschriebe und Projekte selber, Rapporte etc.) wie auch andere schriftliche Quellen auf regionaler oder lokaler Basis sind des öftern geeignet, einzelne Fragen und Zusammenhänge im Kontext zu klären. Da ihr Ziel und ihre Aufgabe aber nicht die umfassende Beschreibung des Waldzustandes war, wie sie zu Vergleichszwecken heute wünschbar wäre, enthalten sie nur im Glücksfall ausführlichere Angaben über die hier angesprochenen Fragen. Andererseits hat die vorliegende Arbeit gezeigt, dass mit einer gezielten, methodischen Auswertung scheinbar unbedeutender Quellen noch viele Einzelangaben zu diesen Fragen gefunden werden könnten. Als Konsequenz ist zu fordern, dass nun Untersuchungen auf lokaler Ebene an die Hand genommen werden, in deren Rahmen beispielsweise - ausgehend von konkreten, überblickbaren Verhältnissen - die Rolle und Bedeutung der Waldbehandlung und der Waldnutzung abzuklären und insbesondere der oft missverstandene Begriff "Waldpflege" in seiner Entwicklung zu thematisieren und zu konkretisieren ist. In diesen Zusammenhang gehören auch Abklärungen und Richtigstellungen der pauschalisierenden Schlagwörter wie Ueberalterung, Verfichtung und Monokulturen, die oft im Zusammenhang mit der Diskussion über die Ursachen der Waldschäden genannt werden. Sie sind genauer zu untersuchen und an konkreten Beispielen darzustellen. Diese Argumente können zwar in Einzelfällen ihre Berechtigung haben; unsere Vorfahren, die gewiss mangels besserer Kenntnisse oder aus falschem oder fehlgeleiteten wirtschaftlichem Ehrgeiz und vermeintlicher Notwendigkeit nicht immer die richtigen Massnahmen getroffen haben, für den heutigen Zustand verantwortlich zu machen, trägt nichts zur Lösung der Probleme bei, ganz abgesehen davon, dass die Waldentwicklung kaum so günstig verlaufen wäre, wenn diese Schlagwörter ihre Berechtigung hätten. Damit zusammenhängende Fehlurteile sind auf das Fehlen entsprechender Untersuchungen und Darstellungen zurückzuführen.

Notwendig ist deshalb, dass der ganze Fragenkomplex umfassend angegangen wird. Die offenen Fragen zeigen im wesentlichen die "Richtungen" auf, die bei der zukünftigen Forschung zu berücksichtigen sind und ineinandergreifen müssen. Die Untersuchung und Darstellung beispielsweise der "Bestandesgeschichte" und die Ausweitung auf die "Regionalwaldgeschichte" in einem umfassenden, nicht nur den Wald berücksichtigenden Sinne führen zu einem objektiverem Verständnis der Entwicklung und der sie bewirkenden Einflüsse. Es existieren aber noch wenige Arbeiten, obwohl die Begriffe Bestandesgeschichte und Waldgeschichte keineswegs neu sind. Bereits 1973 hat sie die IUFRO-Fachgruppe Forstgeschichte, aufbauend auf den Erfahrungen von Forst- und Waldgeschichtlern verschiedener Länder und unterschiedlicher Disziplinen, in ihrem LEITFADEN erklärt und die Zusammenhänge erläutert. Die Bestandesgeschichte darf sich nicht einfach auf eine

Auflistung der in den Bewirtschaftungsoperaten (Bestandesbeschreibung, Stammzahl-, Vorrats-, Zuwachs-, Altersklassen- und Baumartentabellen) quantitativen und qualitativen Angaben beschränken, sondern sollte sich wesentlich auch auf die 'frühere menschliche Nutzung als Wald, Ackerland, Wiese oder Viehweide und ihre Auswirkung auf Humuszustand, Struktur, Wasserführung und Nährstoffversorgung' ausdehnen (LEITFADEN 1973). Daraus ergibt sich die **Notwendigkeit der interdisziplinären Zusammenarbeit** quer durch die verschiedensten Fakultäten und Wissensgebiete, wie sie sich in neuerer Zeit in der sogenannten historischen Umweltforschung abzuzeichnen beginnt. Diese interdisziplinäre Zusammenarbeit ist umso dringender, weil die komplexen Zusammenhänge der Waldentwicklung sich weder für die Vergangenheit noch für die Gegenwart durch Untersuchungen abklären lassen, die ausschliesslich auf den Wald ausgerichtet sind. Jeder Untersuchungsgegenstand in der Bestandesgeschichte weist Elemente auf, die eher durch naturwissenschaftliche Methoden abzuklären bzw. zu erklären sind, wie auch solche, die eher geistes- bzw. sozial- und wirtschaftsgeschichtlicher Erklärung und Information bedürfen.

Neben den Arbeiten mit bestandesgeschichtlicher Zielsetzung sind auch solche notwendig, die mehr auf das Umfeld eingehen, in dem die Waldentwicklung erfolgte. Es geht dabei um (forst-)politische, (forst-)wirtschaftliche und andere aus der Umgebung stammende Einflüsse aller Art, die entweder die Ausdehnung des Waldes oder die Entwicklung der verbliebenen bzw. neu angelegten Wälder beeinflussten. Von besonderem Interesse ist die Entwicklung der Wälder im Zeitalter der "geregelten Forstwirtschaft", weil ihr vorgeworfen wird, sie hätte sich zu sehr auf Reinbestände (Monokulturen nach landwirtschaftlichen Vorbildern, "Fichtenmanie") und einseitige Vorratsäufnung (Ueberalterung, Gleichaltrigkeit) konzentriert und sei daher schuld an den heutigen Zuständen. Für solche Untersuchungen sind verschiedene Ansätze denkbar, die sich sowohl auf die Art und Bedeutung der Nutzung (Holzproduktion, Weide und Streunutzung, Schutz- bzw. Bannwald) wie auch auf die damit zu kombinierenden standörtlichen Voraussetzungen (Höhenlage, Relief, Geologie, Bodenverhältnisse etc.) beziehen. Die dazu notwendigen Abklärungen dürften wegen der kleinräumlichen Gegebenheiten und auch wegen der partikularistischen Eigentums- und Einflussverhältnisse sehr aufwendig sein. Sie sind aber notwendig, weil Verallgemeinerungen unter diesen Voraussetzungen ein falsches Bild ergeben würden. Erst aus dem Zusammenfügen der Mosaiksteine, die aus unterschiedlichsten Untersuchungen entstehen, wird ein gültiges Bild entstehen, das einen konkreten Vergleich der heutigen Situation mit der früheren Entwicklung zulässt.

## 9. BIBLIOGRAPHIE

mögliche Illustrationen:
eigene Aufnahmen: Abgestorbene Bäume SW von Saanen (Wildboden) auf ca 1800m
Zeitverschobene Aufnahmen von Peter Baumgartner, Zweisimmen von absterbenden Baumgruppen im Raum Obersimmental/Saanenland

Alexandre, P., 1987: Le Climat en Europe au Moyen-Age. Contribution à l'histoire des variations climatiques de 1000 à 1425, d'après les sources narratives de l'Europe occidentale. Paris.

Baltensweiler, W., 1978: Die Massenvermehrungen des Grauen Lärchenwicklers im Alpenraum. Allg. Forst- u. Jagd-Ztg. 149: 168-172.

Baltensweiler, W., 1985: Waldsterben: Forstschädlinge und Luftverschmutzung. Schweiz. Z. Forstwes. 136: 195-206.

Baumgartner, A., 1987: Wirkungsmöglichkeiten von Klima und Witterung auf Waldökosysteme. Symposium Klima und Witterung in Zusammenhang mit den neuartigen Waldschäden, 13./14. Okt. 1986 München, GSF-Bericht 10/87: 76.

Bider, M., Schüepp, M., v. Rudloff H., 1958: Die Reduktion der 200-jährigen Basler Temperaturreihe. Archiv. Meteor. Geophysik. Bioklimatol. Serie B, 9/1: 360-412.

Billwiler, R., 1911: Das Jahr 1911 ein Trockenjahr. Die Trockenperiode im Sommer 1911. Annalen MZA 1911. o.J.

Bloesch, U., 1983: Beitrag zum Problem des Weisstannensterbens. Diplomarbeit ETH.

Bosch, C. und Rehfuess, K.E., 1988: Ueber die Rolle von Frostereignissen bei den neuartigen Waldschäden. Forstw. Cbl. 107/2: 123-130.

Brandl, H., 1985: Zur Bedeutung bestandesgeschichtlicher Untersuchungen in der Forstgeschichte am Beispiel des "Tannensterbens" im Schwarzwald. Allg. Forst- u. Jagd-Ztg. 156: 142-146.

Brandl, H., 1987: Forstgeschichtliche Untersuchungen zum früheren "Tannensterben" im Schwarzwald im Vergleich zum heutigen Waldsterben. In: International Union of Forest Research Organizations. 18th IUFRO World Congress Yougoslavia 1986. Subject Group S6.07, Histoire des Forèts, Voluntary Papers. Zürich, S. 3-13.

Braun, S., Flückiger, W., 1987: Untersuchungen an Gipfeltrieben von Buche (Fagus sylvatica L.). Botanica Helvetica 97/1: 61-73.

Bühler, N.N., 1895: Studien über die Trockenheit des Jahres 1893. Landwirtschaftliches Jahrbuch 9, S. 273-280.

Bütikofer, N., 1987: Historische Waldschäden in der Schweiz 1800-1960. Lizenziatsarbeit Historisches Institut der Universität Bern. Maschinenschrift.

Caprez, G., Fischer, F., Stadler, F., Weiersmller, R., 1987: Wald und Luft. Eine kritische Untersuchung über die Zusammenhänge zwischen Waldsterben und Luftverschmutzung. Bern.

Coaz, J., 1882: Der Frostschaden des Winters 1879/80 und des Spätfrostes vom 19./20.Mai 1880 an den Holzgewächsen in der Schweiz. Bern.

Cramer, H., Cramer-Middendorf, M., 1984: Untersuchungen über Zusammenhänge zwischen Schadenperioden und Klimafaktoren in mitteleuropäischen Forsten seit 1851. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer, 37/2: 208-334.

Entwurf, 1762: Entwurf der vornehmsten Gegenstände der Untersuchungen, die zur Aufnahme des Feldbaus, des Nahrungsstandes und der Handlung, abzielen sollen, in: Abhandlungen und Beobachtungen der Oekonomischen Gesellschaft Bern, 2. Teil, S. 3-54.

Fankhauser, F., 1893: Geschichte des bernischen Forstwesens von seinen Anfängen bis in die neuere Zeit. Bern.

Filliger, P, Wanner H., 1988: Sommersmog - auch in der Schweiz ein Problem. Der Bund 139/30, 6. Februar 1988, S. 2

Fleming, H.F., 1724: Des Vollkommenen Teutschen Jägers Anderer Haupt Theil. Mit neuen Physicalischen, Historischen und Oeconomischen Anmerckungen und Zusätzen erläutert und vollständiger abgehandelt. Leipzig.

Flohn, H., 1984: Ice-free Arctic and glaciated Antarctic. In: Flohn, H., Fantechi, R.,: The Climate of Europe. Past, Present and Future. Natural and Man-Induced Climatic Changes. An European Perspective. Dordrecht, S. 248-268.

Geschäftsberichte der schweiz. Hagelversicherung, 1940 ff.

v. Greyerz W., 1866: Nachricht über Borkenkäfer, Engerlinge und Frostschäden in den Stadtwaldungen von Bern. Prakt. Forstwirt, 5: 86.

Gross, K., Pham-Nguyen, T., 1987: Einfluss von langfristigem konstantem Wassermangelstress auf die Netto-Photosynthese und das Wachstum junger Fichten und Douglasien im Freiland. Forstw. Cbl. 106/1: 7-26.

Hörteis, J., Schmidt, A., 1986: Das Tannensterben in der Oberpfalz vor 60 Jahren - Ein Vergleich mit der heutigen Situation. Allg. Forst Zeitschr. 41/18: 433-435.

Kandler, O., 1985: Immissions- versus Epidemie-Hypothese. In Kortzfleisch, B.v. (Hg.), Waldschäden. München/Wien, S. 19-59.

Kandler, O., 1987: Klima und Baumkrankheiten. Symposium Klima und Witterung in Zusammenhang mit den neuartigen Waldschäden, 13./14. Okt. 1986, München, GSF-Bericht 10/87, S. 269-275.

Kehr, K., 1964: Die Fachsprache des Forstwesens im 18. Jahrhundert. Eine wort- und sachgeschichtliche Untersuchung zur Terminologie der deutschen Forstwirtschaft. Giessen.

Krebs, E., 1983: Helvetik. In: 650 Jahre zürcherische Forstgeschichte, hg. vom Regierungsrat des Kt. Zürich. Bd. 2, Zürich, S. 25-43.

Kontic, R., Niederer, M., Nippel, C., Winkler, A. 1986: Jahrringanalysen an Nadelbäumen zur Darstellung und Interpretation von Waldschäden (Wallis, Schweiz). Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Bericht Nr. 283.

Kuhn, N., 1973: Frequenzen von Trockenperioden und ihre ökologische Bedeutung. Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, 118/3: 257-298.

Kuhn, W., 1948: Die Dürre des Sommers 1947. Klimatologische Untersuchung. Annalen MZA 1947, Zürich.

Kuhn, W., 1949: Das Massenauftreten des achtzähnigen Fichtenborkenkäfers Ips typographus L. nach Untersuchungen in schweizerischen Waldungen 1946 bis 1949. Schweiz. Anstalt forst. Versuchswes., Mitt. 26: 320-330.

Larcher, W., Häckel, H., 1985: Meteorologische Pflanzenpathologie. Handbuch der Pflanzenkrankheiten, Bd. 1, Teil 5, Berlin/Hamburg.

Landwirtschaftliches Jahrbuch der Schweiz, hg. vom Eidg. Volkswirtschaftsdepartement 1903 ff.

Leibundgut, H., 1983: Der Wald. 3. Aufl. Frauenfeld.

Leitfaden für die Bearbeitung von Regionalwaldgeschichten, Reviergeschichten und Bestandesgeschichten. IUFRO Subject Group S6.07, Zürich 1973.

Lenz, O., Nogler, P. und Bräker, O.U., 1988: L'évolution du temps et le déperissement du Sapin blanc dans la région de Berne. Insitut fédéral de recherches forestières, rapport 303.

Mayer, H., König, C. und Rall, A., 1988: Identifikation von Witterungsereignissen mit pflanzenphysiologischer Stresswirkung für Waldbäume. Forstw. Cbl., 107/2: 131-140.

Mitteilungen des Statistischen Bureaus des Kantons Bern. Bern 1883 ff.

Neighbour, E., Cottam D.A., Mansfield T.A., 1988: Effects of sulphur dioxide and nitrogen dioxide on the control of water loss by birch (Betula sp.). New Phytol., 108: 149-157.

Niesslein, E., Hauff, D., 1984: Forstgeschichtliche Untersuchungen zum Waldsterben. In Forstw. Cbl. 103: 153-163.

Plochmann, R., Hieke, C., 1986: Schadereignisse in den Wäldern Bayerns. Eine Zusammenstellung der forstlichen Literatur seit Beginn des 18. Jahrhunderts. Forstliche Forschungsberichte 71. München.

Pfister,C., 1975: Agrarkonjunktur und Witterungsverlauf im westlichen Schweizer Mittelland zur Zeit der Oekonomischen Patrioten 1755-1797. Ein Beitrag zur Umwelt- und Wirtschaftsgeschichte des 18. Jahrhunderts. Bern.

Pfister, C., 1984: Klimageschichte der Schweiz 1525-1860. Das Klima der Schweiz von 1525 bis 1860 und seine Bedeutung in der Geschichte von Bevölkerung und Landwirtschaft. Bd. 1. Bern.

Pfister, C., 1985: Witterungsdokumentation CLIMHIST 1525-1863. Zu beziehen bei METEOTEST, Fabrikstr. 29A, 3012 Bern.

Pfister,C., 1988: Variations in the Spring-Summer Climate of Central Europe from the High Middle Ages to 1850. In: Wanner, H., Siegenthaler U. (Hrsg).: Long and Short Term Variability of Climate. Berlin, S. 57-82.

Primault, B., 1981: Extension de la validité de la formule suisse de calcul de l'évapotranspiration. Arbeitsberichte der Schweiz. Meteor. Zentralanstalt, Nr. 103. Zürich.

Sanasilva Waldschadenbericht 1986, hg. vom Bundesamt für Forstwesen und Landschaftsschutz. Bern.

Scheuchzer, J.J., 1722: Von Absterbung der Bäume in der Schweitz, insonderheit der rothen Tannen. Sammlung von Natur- und Medicin-Geschichten ... ans Licht gestellt von einigen Academ. Naturae Curiosi in Breslau, Bd.4, S.128.

Schmidt,M., 1987: Die trockenen und sonnenscheinreichen Sommer in Deutschland als mögliche Schadfaktoren für Wald und Pflanzenwelt. Symposium Klima und Witterung in Zusammenhang mit den neuartigen Waldschäden, 13./14. Okt. 1986, München. GSF-Bericht 10/87: S. 209-226.

Schütt, P., 1986: Zum Schadbild des Waldsterbens. Forstarchiv 57: 8-11.

Schweingruber, F., 1985: Abrupt Changes in growth reflected in tree ring sequences as an expression of biotic and abiotic influences. In: Inventoring and Monitoring Endangered Forests. IUFRO Conference Zurich, Birmensdorf, S. 192- 195.

Schweingruber, F.H., 1987: Beiträge der Dendrochronologie zur Umweltforschung. In: H.P. Rossmanith (Hg.): Waldschäden - Holzwirtschaft. Vorträge anlässlich der internat. Tagung über "Waldschäden - Holzwirtschaft" 7.bis 9. Mai 1987 in Gmunden am Traunsee. S. 119-132.

Schwerdtfeger, F., 1981: Waldkrankheiten. Ein Lehrbuch der Forstpathologie und des Forstschutzes. Hamburg/Berlin, 4.Aufl.

Statistisches Jahrbuch des Kantons Bern, hg. vom Kantonalen Statistischen Breau. 8 Bde. Bern 1868-1874.

Staatsverwaltungsberichte des Kantons Bern. Bern 1928 ff.

[Tscharner,V.B.,],1762: Anmerkungen über die lage des sogenannten Münsterthales im Bischtum [sic!] Basel und über den zustand des Landbaus in demselben. In: Abhandlungen und Beobachtungen der Oekonomischen Gesellschaft Bern, 3, S. 144-181.

Uttinger, H., 1950: Die Niederschlagsmengen des Jahres 1949 und des hydrologischen Jahres 1948/49 (1.Oktober bis 30. September). Annalen MZA 1949, Zürich.

Volz, R., Rickli, R., 1987: Zum Ausmass der Trockenheit von Juli bis Oktober 1985 aus klimatologischer Sicht. Bundesamt für Forstwesen und Landschaftsschutz, Bern

Waldschäden und Luftverunreinigungen, 1983: Sondergutachten, hg. vom Rat der Sachverständigen für Umweltfragen. Mainz.

Weihe, J., 1958: Die Schwankungen des Durchmesserzuwachses in badischen Fichtenbeständen in der Zeit von 1945 bis 1954. Allg. Forst- und J.-Ztg. 11/12: 233-241.

Wentzel, K.F., 1987: Waldschäden - was ist wirklich neu? gsf mensch + umwelt, Sept. 1987, S. 19-28

Westermann, 1968, 1970: W' Lexicon der Geographie Bde 2 und 4, Braunschweig.

[Wildermett,A.], 1768: Topographische Beschreibung des Bieler-Sees und der umliegenden Landschaft, insbesondere der Herrschaft Erguel. In: Abh. und Beobacht. der Oekon. Gesellschaft Bern, 2. Teil, S. 145-179

Wislicenius, H., 1985: Waldsterben im 19. Jahrhundert. Klassiker der Technik. Düsseldorf.

WMO, 1986: Report of the International Conference on the Assessment of the role of Carbon Dioxide and of other Greenhouse Gases in Climate Variations and associated Impacts. Villach, Austria, 9-15 October 1985, WMO No. 661.