Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss foresty journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 142 (1991)

Heft: 1

Artikel: Weiserjahre als Zeiger extremer Standortseinflüsse

Autor: Schweingruber, Fritz Hans

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-766446

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 10.12.2025

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

Weiserjahre als Zeiger extremer Standortseinflüsse [1]

Oxf.: 181.22:181.65:561.22

Von *Fritz Hans Schweingruber*
(Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft [WSL], CH-8903 Birmensdorf)

Urs Wehrli und *Käthi Aellen-Rumo*
(Botanisches Institut der Universität Basel, CH-4056 Basel)

Markus Aellen
(Mathematisches Institut der Universität Zürich, CH-8001 Zürich)

1. Einleitung

Auf jedem Stammquerschnitt von Bäumen aus saisonalen Klimagebieten sind auffallend schmale oder breite Jahrringe zu erkennen. Wir nennen sie *Ereignisjahre.* Treten Ereignisjahre innerhalb einer standörtlichen oder regionalen Einheit bei vielen Individuen zeitgleich auf, so werden sie als *Weiserjahre* bezeichnet *(Schweingruber et al.* im Druck). Als *Normaljahre* gelten Jahre, in welchen sich keine Häufungen von Ereignisjahren zeigen. Bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts hat *Douglass* 1971 solche Jahrringe im ariden Gebiet als Ausdruck extremer klimatologischer Einwirkungen erkannt und sie in sogenannten *skeleton plots* zur Datierung eingesetzt. Die Entwicklung der Jahrringbreiten-Messtechnik und insbesondere der Anwendung statistischer Methoden liess ihre ökologische Bedeutung weitgehend in Vergessenheit geraten. Mit dem vorliegenden Aufsatz soll jedoch gezeigt werden, dass Weiserjahre eine Fülle ökologischer jahrbezogener Informationen enthalten, die vielfach den Ergebnissen statistischer, auf kontinuierlichen Zeitreihen beruhenden Analysen widersprechen.

Als Modellgebiet wurde ein kleines, topographisch stark gegliedertes Gebiet im Schweizer Mittelland gewählt.

Wir versuchen vor allem folgende Fragen zu beantworten:

- In welchen Jahren haben Bäume aus einem Gebiet mit kühl-feuchtem, saisonalem Klima extreme Wachstumseinschränkungen oder -förderungen erfahren (Ereignisjahre)?

[1] Im Rahmen der Diplomarbeit von U. Wehrli und K. Aellen ist die in dieser Arbeit verwendete Datenbasis entstanden. M. Aellen entwickelte die Computerprogramme, die die Auswertung der umfangreichen Daten ermöglichten.

– In welchen Jahren sind Weiserjahre standorts- und/oder artspezifisch und welche ökologisch-klimatologischen Ursachen haben sie?
– Weshalb liefern Weiserjahranalysen nicht die gleichen ökologischen Informationen wie Analysen, die auf dem Vergleich kontinuierlicher Jahrring-/Klimareihen beruhen?

2. Das Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet Hueb bei Krauchthal beschränkt sich auf eine Fläche von ungefähr einem km². Es liegt östlich von Bern auf 600 bis 700 m ü.M. im topographisch stark gegliederten miozänen Molassegebiet *(Abbildung 1)*. Die jährlichen Niederschläge in der nahe gelegenen meteorologischen Messstation von Bern betragen durchschnittlich etwa 1000 mm, dürften aber im Untersuchungsgebiet ein wenig höher liegen. Die mittlere Jahrestemperatur liegt bei 8 bis 9 °C. Aus *Abbildung 2* geht die sommerliche Niederschlagshäufigkeit hervor. Wie *Lenz et al.* 1988 zeigen, besteht von Jahr zu Jahr eine grosse Variabilität. Wir nehmen bei der Interpretation vor allem auf die Witterungsprofile dieser Arbeit Bezug.

Die Standorte sind entsprechend ihrer topographischen Lage vielfältig. Sie wurden mit standortskundlichen Methoden charakterisiert (Topographie, Bodenprofile, Pflanzensoziologie). Die wichtigsten Standortseigenschaften sind in *Tabelle 1* und in *Abbildung 3* dargestellt. Das Ökogramm *(Abbildung 3)* belegt die standörtliche Heterogenität: so sind beispielsweise die Kiefernstandorte (Nr. 19, *Molinio-Pinetum)* flachgründig, trocken und südexponiert, ein grosser Teil, zum Beispiel die Buchenstandorte 16, 17 *(Galio odorati-Fagetum)* sind mittelgründig und die Hänge sind ostexponiert, und die Standorte 21 *(Cardamino-Fagetum)* und 13 *(Aceri-Fraxinetum)* sind tiefgründig, feucht und nordostexponiert. Die Standorte 12, 13, 14 und 21 sind frostgefährdet. Alle Standorte stehen im Umkreis von 700 m zu einer 1972 eingerichteten Kehrichtverbrennungsanlage. Aus jedem in *Abbildung 3* dargestellten Standort wurden Bohrproben verschiedener Baumarten entnommen *(Tabelle 1)*.

3. Material und Methoden

Von 128 Buchen, 99 Fichten, 65 Kiefern, 21 Tannen, 16 Lärchen und 24 Eschen verteilt auf 10 Standorte wurde je eine Bohrprobe entnommen: hangseitig bei Nadelhölzern, hangparallel bei Laubhölzern. Die Jahrringabfolgen sind anhand der Weiserjahre absolut datiert (Schweingruber *et al.* im Druck).

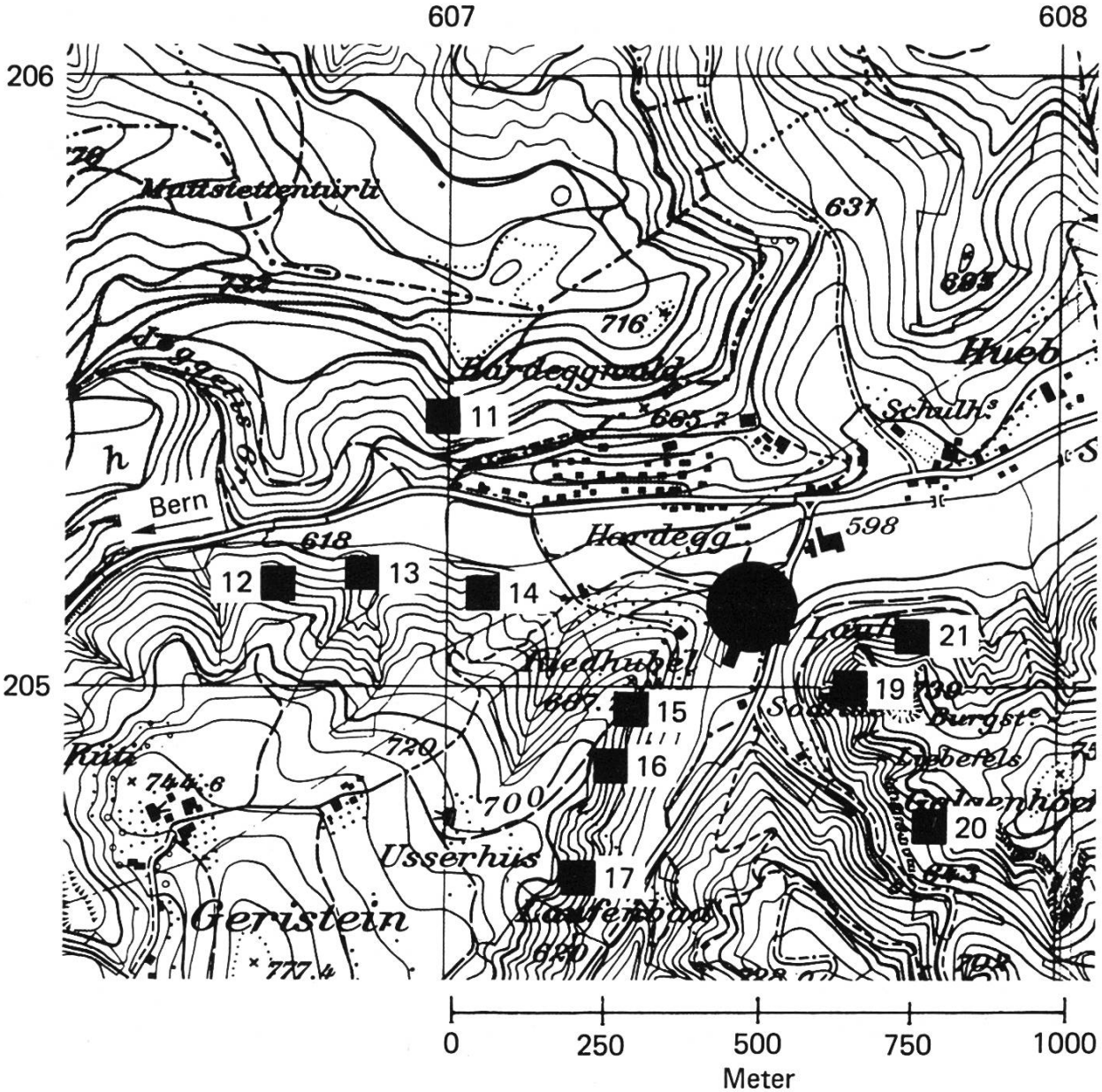


Abbildung 1. Die geographische Lage der analysierten Standorte. Die Nummern entsprechen denjenigen in *Abbildung 3* und der *Tabelle 1* und *2*. Kreis: Lage einer Kehrichtverbrennungsanlage. Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 14. Mai 1990.

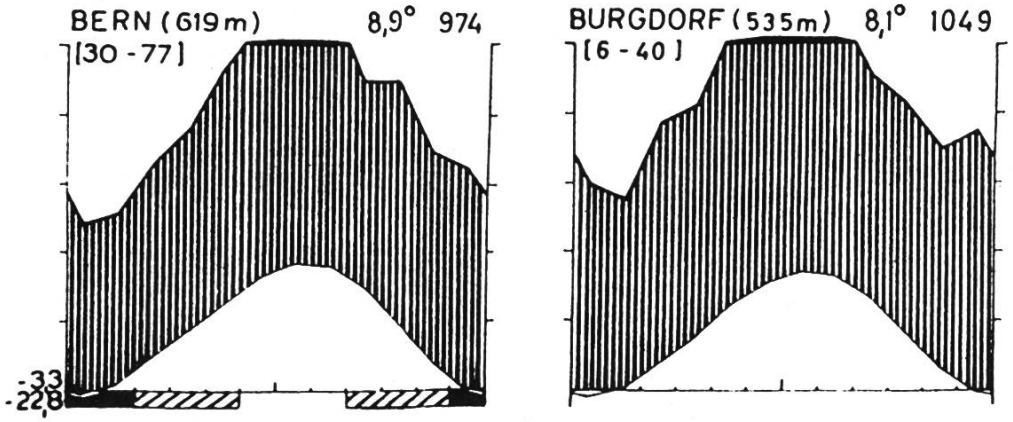


Abbildung 2. Klimadiagramme der benachbarten meteorologischen Messstationen. Nach *Walter* und *Lieth* 1967.

Tabelle 1. Standortübersicht und Material.

Standort	*Exposition*	*Waldgesellschaft*	*Bodentyp*	*Anzahl Probebäume*					
				Fichte	*Föhre*	*Tanne*	*Lärche*	*Buche*	*Esche*
11	Süd	Galio odorati-Fagetum luzuletosum	Sandbraunerde	12	16			16	
12	Nord	Milio-Fagetum	Sandbraunerde	16		16		16	
13	(Nord)	Aceri-Fraxinetum	Gley						16
14	Nordnordost	Galio odorati-Fagetum luzuletosum	Sandbraunerde	16				16	
15	Ost	Galio odorati-Fagetum luzuletosum	Sandbraunerde	16	16		16		8
16	Ost	Galio odorati-Fagetum luzuletosum	Sandbraunerde					16	
17	Ost	Galio odorati-Fagetum luzuletosum	Sandbraunerde					16	
19	Südwest	Molinio-Pinion	Rohboden	11	17			16	
20	Südwest	Luzulo silvaticae-Fagetum typicum	Sandbraunerde	16	16	5		16	
21	Nord	Cardamino-Fagetum typicum	Sandbraunerde	12				16	

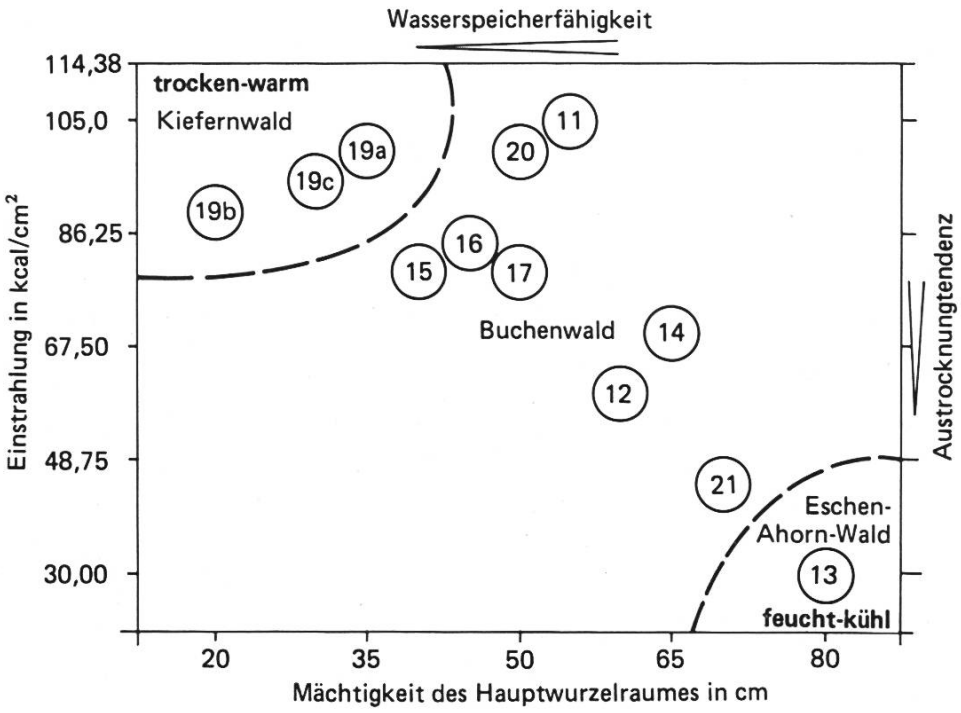


Abbildung 3. Die Lage der analysierten Standorte im Ökogramm. Beide Achsen beziehen sich vor allem auf die hydrologischen Eigenschaften der Standorte (Ordinate: Verdunstung; Abszisse: Wasserspeicherkapazität). Im Ökogramm sind die feuchtesten Standorte unten rechts, die trockensten oben links.

Alle Auswertungen basieren auf folgenden Grundlagen:

- Ereignisjahrdiagramm. Nachdem alle auf den Bohrkernen gemachten Beobachtungen auf Inch-Papier aufgetragen waren, wurden sie mit dem Computer in Ereignisjahrdiagramme umgewandelt.
- Weiserjahrdiagramme *(Abbildung 4)*. Alle in den Ereignisjahrdiagrammen aufgezeichneten Werte werden aufsummiert und in Beziehung zur analysierten Probenmenge gesetzt.
- Ökogramme *(Abbildung 5)*: Die Häufigkeit und Intensität der Weiserjahre wird in Form von Kreisdiagrammen in Beziehung zur Hydrologie der Standorte gesetzt *(Abbildung 3)*.

Zusammenfassungen erfolgten nach folgenden Kriterien:

- Jahrringmerkmale: Ausserordentliche Jahrring- und Spätholzbreiten, Dichteschwankungen
- Baumarten *(Tabelle 3)*
- Standortseinheiten: trocken bis nass *(Tabellen 2a–2c)*.

Da die klimatischen Einflüsse kurz- oder langzeitig in verschiedenen Perioden eines Jahres, das heisst während verschiedenen physiologischen Zuständen des Baumes auftreten, setzen wir die Weiserjahre in Beziehung zu Tageswerten (Werte nach Lenz *et al.* 1988, mit einem Binomialfilter geglättete Tageswerte von Temperatur und Niederschlag in Beziehung zu deren Häufigkeitensummen von 1901 bis 1980).

4. Ergebnisse

Die Ausbildung von Ereignisjahren ist genetisch, standörtlich, pathologisch und klimatisch bedingt. Aus *Abbildung 4* geht hervor, dass kein einziges Jahr existiert, in welchem nicht irgendein Individuum ein Ereignisjahr aufweist, folglich sind nicht nur klimatische oder meteorologische Ereignisse, sondern ein Faktorengefüge für die Bildung von Ereignisjahren verantwortlich. Um dieses komplexe System aufzuschlüsseln, müssen vorerst die Beziehungen zwischen Standorten und unterschiedlichen Arten analysiert werden. Anhand der Intensität und Stetigkeit eines Weiserjahres in bestimmten Baumarten und/oder an bestimmten Standorten lassen sich möglicherweise Rückschlüsse auf einen limitierenden oder fördernden Einfluss ziehen.

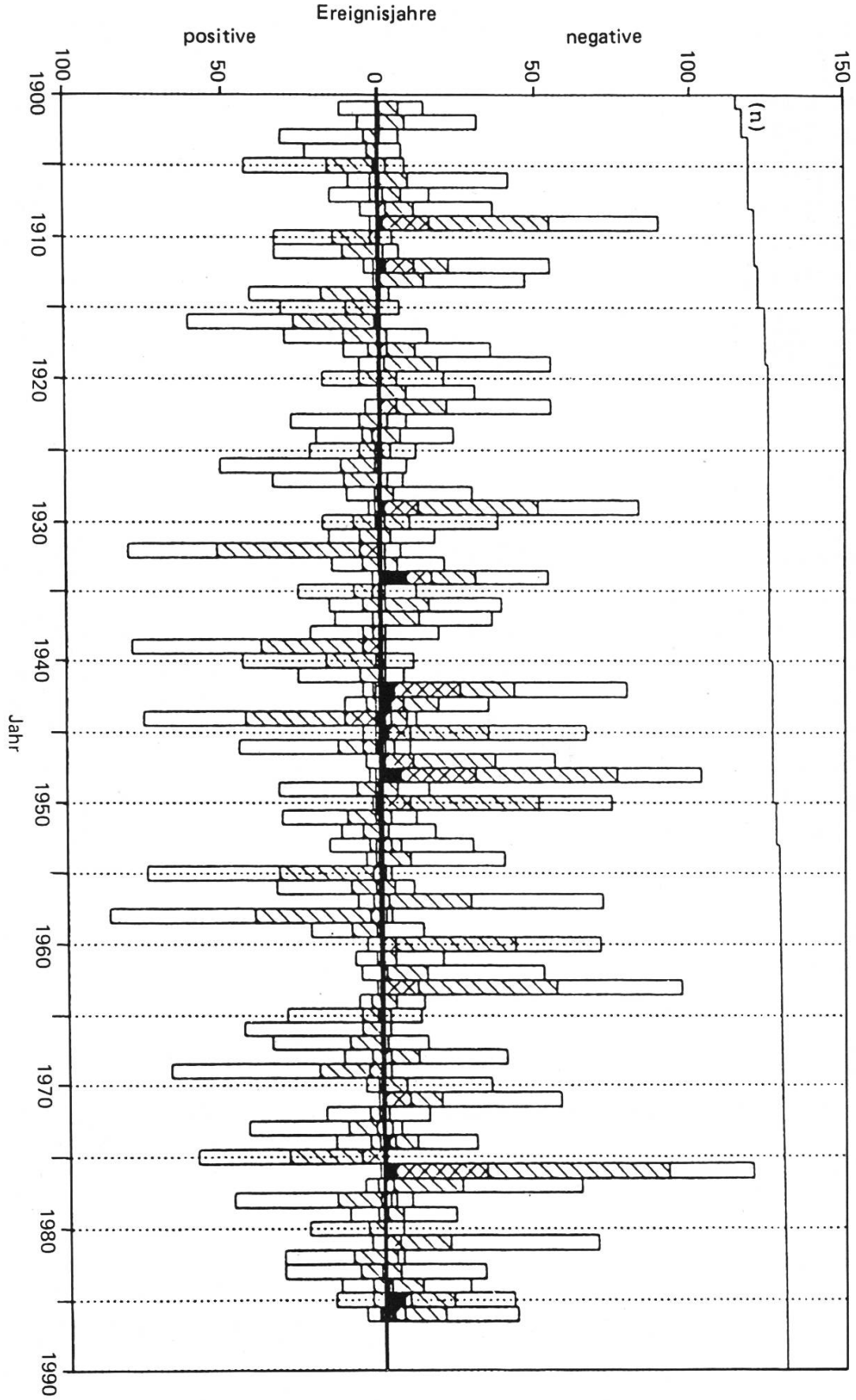
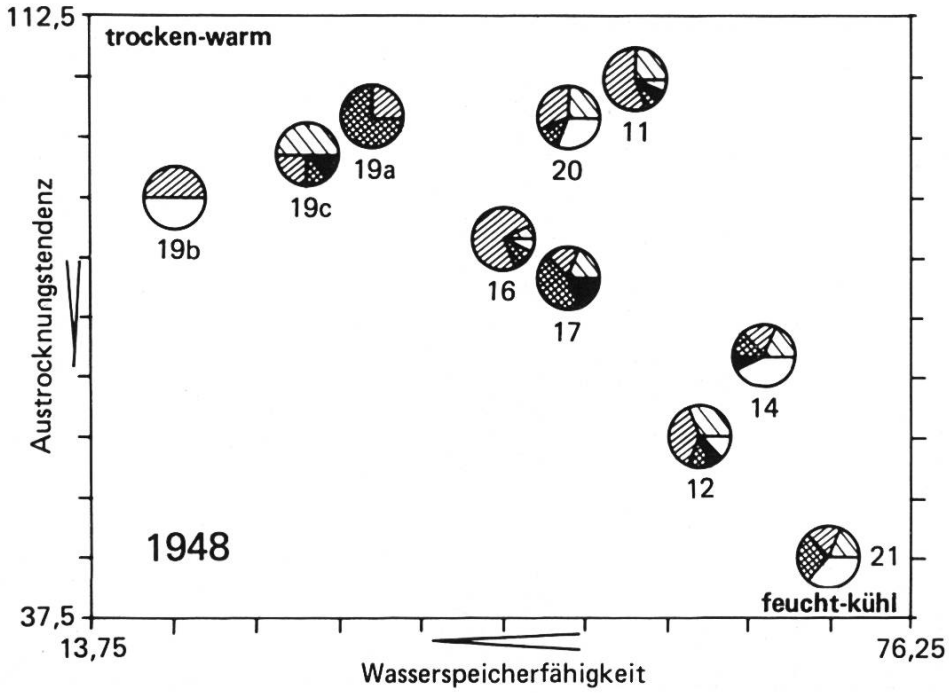


Abbildung 4. Weiserjahrdiagramm. Summation aller im Ereignisdiagramm festgehaltenen Werte. Als Weiserjahre bezeichnen wir im vorliegenden Falle alle Jahre, in welchen 40 und mehr Prozent aller Bäume in einem bestimmten Jahr ein Ereignisjahr aufweisen. Dargestellt ist die Summe aller 136 untersuchten Buchen.



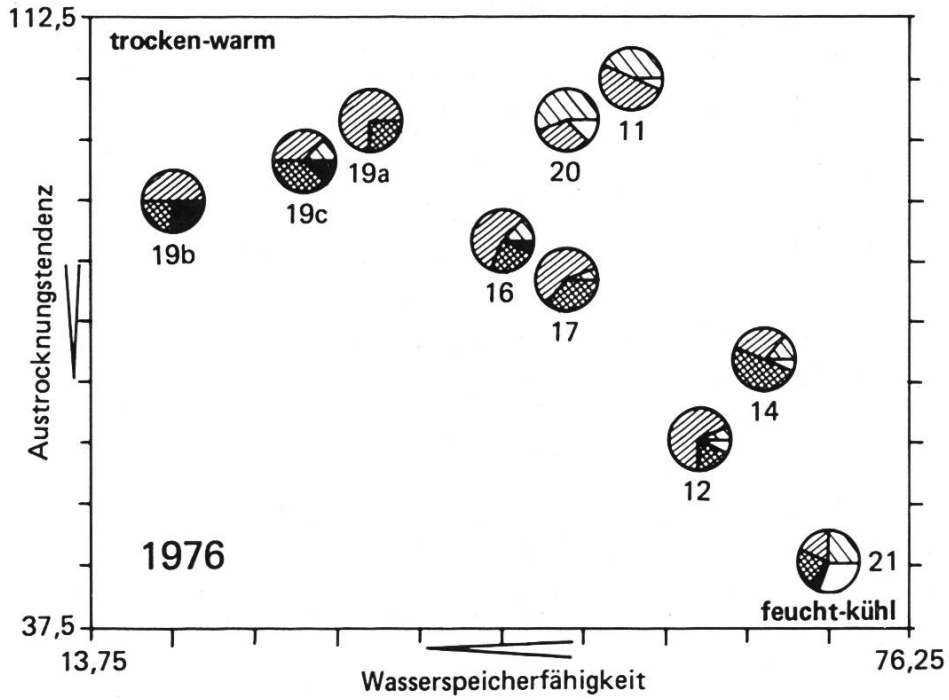


Abbildung 5. Ökogramm. Entsprechend der mit *Abbildung 3* festgelegten Standorteinheiten wird die Häufigkeit und Intensität der Ereignisjahre Jahr für Jahr in Form von Kreisdiagrammen festgehalten. Dargestellt sind die Werte der Buche der Jahre 1976 und 1948. In beiden Fällen sind die Bäume trockener, mittlerer und feuchter Standorte in gleichem Masse betroffen. 1948 sind die Weiserjahre vermutlich eine Reaktion auf die Trockenheit des Vorjahres, 1976 dagegen auf die Winter-Frühjahrstrockenheit desselben Jahres.

Bedeutung der Signaturen: Schraffierte und schwarze Flächen geben den prozentualen Anteil von Bäumen mit einem Ereignisjahr (E) an.
Weiss: ohne E; locker schraffiert: E schwach erkennbar; dicht schraffiert: E gut erkennbar; kreuzschraffiert: sehr deutliches E; schwarz: extremes E.

Tabelle 2. Beziehungen zwischen der Häufigkeit und Intensität von Weiserjahren von Bäumen an verschiedenen Standorten und der Witterung. Anhand des Witterungsverlaufs wird versucht, die Ursache der Weiserjahre zu erklären.

Symbole:

xx >75% der Bäume mit Ereignisjahren
x 51–74% der Bäume mit Ereignisjahren
x 26–50% der Bäume mit Ereignisjahren
(x) <25% der Bäume mit Ereignisjahren

+/– die Bäume haben im Vergleich zu den übrigen Standorten gegensätzlich reagiert.
2a) Buche
2b) Kiefer
2c) Fichte

Tabelle 2a. Standortvergleich der Buchen-Weiserjahre.
a) Negative Weiserjahre

Jahr	*Standortreaktionen zunehmende Feuchtigkeit*								*Witterung*	*Bemerkungen zu standörtlichen Reaktionen*
	19	*20*	*11*	*16*	*17*	*14*	*12*	*21*		
1909	**xx**	**xx**	**x**	x	**x**	**xx**	**xx**	**x**	Winterfrost, Spätfrost Anfang Mai, relativ trocken	ausgeglichene Reaktion
1912	**x**	**x**	x	(x)	**xx**	x	(x)	**x**	starke Temperaturschwankungen im Frühjahr, April trocken, im Vorjahr Sommerdürre	± ausgeglichene Reaktion
1913	**x**	(x)	(x)	(x)	**x**	x	x	x	Temperatursturz im April, Trockenheit Ende Mai	± ausgeglichene Reaktion
1918	**xx**	(x)	x	(x)	(x)	(x)	(x)	x	langer Winterfrost, Mai trocken	starke Reaktion am Trockenstandort
1919	**xx**	x	x	**x**	x	(x)	x	(x)	zweite Maihälfte sehr trocken	starke Reaktion am Trockenstandort
1922	**x**	**x**	**x**	x	x	**x**	(x)	x	heftige Temperaturstürze im Frühjahr . .	ausgeglichene Reaktion
1929	**xx**	**xx**	**x**	**x**	x	**x**	x	**x**	Winterfrost, Temperatursturz im Frühjahr .	ausgeglichene Reaktion
1934	**xx**	x	x	x	x	**x**	(x)	**x**	bis Mitte Juni sehr trocken	± ausgeglichene Reaktion
1942	**xx**	**xx**	x	x	**x**	**x**	**xx**	**xx**	Spätfrost im Mai	ausgeglichene Reaktion
1943	**xx**	x	x	(x)	(x)	(x)	(x)	x	durchschnittliche Witterung	starke Reaktion am Trockenstandort
1944	**xx**	+	+	+	+	+	+	+	mässige Trockenperioden im Frühjahr . .	negatives Weiserjahr am Trockenstandort; positive an allen andern Standorten
1945		**x**	x	**x**	**x**	x	**xx**	**xx**	Spätfrost nach Wärmeperiode	kein Weiserjahr am Trockenstandort
1947	**xx**	**x**	**x**	x	**x**	x	(x)	(x)	April bis Oktober heiss und ziemlich trocken	geringe Reaktion an feuchten Standorten

1948	xx	x	xx	xx	xx	x	xx	x	Frühjahr relativ trocken	ausgeglichen starke Reaktion
1950	xx	x	xx	x	x	x	x	x	durchschnittlicher Witterungsverlauf, Dürre Sommer 1949	ausgeglichen starke Reaktion
1953	x	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	Spätfrost, Trockenheit im Mai	± ausgeglichen starke Reaktion
1962	xx	(x)	x	x	x	x	(x)	(x)	Kälteeinbruch im Mai, ab Juni sehr trocken	stärkere Reaktion am Trockenstandort
1963	(x)	x	xx	xx	xx	xx	xx	xx	anhaltender Winterfrost, sonst durchschnittliche Witterung	schwache Reaktion am Trockenstandort
1968	x	(x)	(x)		x	(x)	x	xx	Spätfrost, Anfang Juni trocken	uneinheitliche Reaktion
1976	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	x	Temperaturschwankungen und Frühjahrstrockenheit, Dürre Juni	ausgeglichen starke Reaktion
1977	(x)	x	x	x	x	x	(x)	x	Winter durchschnittlich, viel Regen . . .	ausgeglichene Reaktion
1981	(x)	x	x	x	x	x	xx	xx	eventuell Spätfrost Ende April, sonst durchschnittliche Witterung	uneinheitliche Reaktion
1985	(x)	x	x	xx	x	(x)	(x)	x	sehr starker Winterfrost	uneinheitliche Reaktion
1986	x	x	x	xx	x	(x)	(x)	x	Winterfrost	uneinheitliche Reaktion

b) Positive Weiserjahre

Jahr	*Standortreaktionen zunehmende Feuchtigkeit*								*Witterung*	*Bemerkungen zu standörtlichen Reaktionen*
	19	*20*	*11*	*16*	*17*	*14*	*12*	*21*		
1916	xx	x	x	x	(x)	x	(x)	x	Vegetationsperiode sehr niederschlagsreich .	uneinheitliche Reaktion
1932	xx	xx	xx	x	x	x	x	x	feucht-kühle Witterung	starke Reaktion an trockenen Standorten
1944	—	x	x	x	xx	xx	xx	x	mässige Trockenheit im Frühjahr, ausgeglichene Temperaturen	uneinheitliche Reaktion
1946	xx	x	(x)	x	x	(x)	x	x	Mai und Juni sehr feucht	stärkere Reaktion am Trockenstandort
1955	xx	x	x	x	x	x	x	x	feucht-kühle Vegetationszeit.	ausgeglichene Reaktion
1975	(x)	xx	xx	x	x	x	(x)	x	Mai etwas trocken, sonst günstige Verhältnisse	uneinheitliche Reaktion

Tabelle 2b. Standortvergleich der Kiefern-Weiserjahre.

a) Negative Weiserjahre

Jahr	*Standortreaktionen zunehmende Feuchtigkeit*				*Witterung*	*Bemerkungen zu standörtlichen Reaktionen*
	19a	*19b*	*20*	*11*		
1909	xx	x	x	x	Winterfrost, Spätfrost, kurze Trockenheit im Mai	± ausgeglichene Reaktion
1921	x	xx	x	(x)	Wintertrockenheit bis April, Juni dann erneut trocken. . .	schwächere Reaktion am feuchteren Standort
1929	x	x	x	x	Winterfrost, Temperatursturz im April	ausgeglichene Reaktion
1934	xx	xx	xx	x	anhaltende Frühjahrstrockenheit.	ausgeglichen starke Reaktion
1935			x	x	Spätfrost	nur feuchtere Standorte reagieren
1944	xx	xx	(x)	(x)	Frühjahrstrockenheit, etwas Niederschlag im April. . . .	stärkere Reaktion an trockeneren Standorten
1945	x	x	x	(x)	Spätfrost und Hitze im Mai	ausgeglichene Reaktion

b) Positive Weiserjahre

1916	x	xx	xx	x	niederschlagsreiche Vegetationsperiode	ausgeglichen starke Reaktion
1930	x	xx	x	(x)	sehr viele Niederschläge	stärkere Reaktion an Trockenstandorten
1932	xx	xx	x	x	nach Wintertrockenheit kühl-feuchte Vegetationsperiode .	stärkere Reaktion an Trockenstandorten
1941	xx	xx	x	x	kühl-feuchter Vegetationsbeginn	± ausgeglichene Reaktion
1946	x	xx	x	x	günstige Vegetationsperiode, Juni besonders niederschlagsreich	± ausgeglichene Reaktion
1951	x	x	x	(x)	ausgeglichene Witterungsverhältnisse	± ausgeglichene Reaktion
1967	xx	xx	x	xx	günstiger Vegetationsbeginn ab Juni	ausgeglichen starke Reaktion
1975	(x)	(x)	xx	x	Mai relativ trocken	uneinheitliche Reaktion
1985	x	(x)	x	x	Winterfrost, eher trocken bis April	± ausgeglichene Reaktion

Tabelle 2c. Standortvergleich der Fichten-Weiserjahre.

a) Negative Weiserjahre

Jahr	*Standortreaktionen zunehmende Feuchtigkeit*						*Witterung*	*Bemerkungen zu standörtlichen Reaktionen*
	19b	*20*	*11*	*14*	*12*	*21*		
1920	(x)	x	x	**x**	**x**	**x**	milder Winter, Trockenheit im August des Vorjahres	feuchte Standorte reagieren stärker
1922	x	**x**	x	x	x	+	starke Temperaturschwankungen im Frühjahr, Hitze im Mai	positives Weiserjahr am feuchtesten Standort
1929	x	x	**x**	**xx**	**xx**	**xx**	Winterfrost, Temperatursturz im April	feuchte Standorte reagieren stärker
1934	**xx**	(x)	x	(x)	(x)	(x)	Frühjahrstrockenheit	trockenster Standort reagiert stark
1946	+	(x)		(x)	x	**x**	durchschnittlicher Witterungsverlauf	positives Weiserjahr am trockensten Standort
1948	**xx**	**x**	**x**	(x)	x	(x)	Februar Kälteeinbruch, Vorjahrestrockenheit	trockene Standorte reagieren stärker
1951	(x)	**x**	**xx**	**xx**	**x**	**xx**	durchschnittlicher Witterungsverlauf	schwache Reaktion am trockensten Standort
1958	+	(x)	(x)	**x**	**x**	x	Februar warm, dann Kälteeinbruch.	positives Weiserjahr am trockensten Standort
1962	**x**	x	x	(x)	**x**	x	Temperaturschwankungen im Frühjahr Trockenheit im Sommer	ausgeglichene Reaktion
1971		(x)		x	x	x	Temperaturschwankungen im Frühjahr	Reaktionen vor allem an feuchten Standorten
1976	**xx**	x	(x)	(x)	x	x	Frühjahr und Sommer sehr trocken, im Frühjahr starke Temperaturschwankungen	starke Reaktionen am Trockenstandort
1980	(x)	x		x	x	**xx**	ganze Vegetationsperiode kühl/feucht.	starke Reaktion am feuchtesten Standort

b) Positive Weiserjahre

1927	(x)	(x)	(x)	x	**x**	**x**	viel Niederschlag, mittlere Temperatur	feuchte Standorte reagieren stärker
1932	**xx**	x	x	(x)	x	(x)	feucht-kühler Witterungsverlauf.	starke Reaktion am trockensten Standort
1946	**x**	(–)		(–)	–	–	bis Anfang Mai trocken, dann sehr feucht	Reaktion nur am trockensten Standort
1955	x	x	x	**x**	**xx**	**x**	sehr günstige Verhältnisse ab Mai	feuchte Standorte reagieren stärker

Tabelle 3. Beziehungen zwischen der Häufigkeit und Intensität von negativen Weiserjahren bei verschiedenen Baumarten und der Witterung.

Artvergleich der negativen Weiserjahre

Jahr	*Ta*	*Fi*	*Fö*	*Bu*	*Es*	*Witterung*	*Erklärungsversuche und Bemerkungen*
1907	**x**					Winter 1906/07 extrem kalt; Dezember −20 °C, Januar −19 °C, Frühjahr kühl, Spätfrost im Mai . .	es reagiert nur Tanne: Winterfrost
1909	**x**		x	**x**		Winter kalt/trocken, Sommer feucht/kühl, April warm, dann Spätfrost Anfang Mai −1,3 °C . .	Winterfrost limitierend für Tanne; Spätfrost nach Erwärmung: Bu und Fö
1911			(x)			extreme Sommerhitze und Dürre Juli/August . . .	Weiserjahre fehlen weitgehend
1912				x		April sehr trocken, starke Temperaturschwankungen mit schwachem Frost im Mai	Temperaturverlauf oder Mast nach Sommerdürre von 1911
1913				x	x	extremer Temperatursturz im April	Kälteeinbruch: Laubhölzer reagieren
1918	x		(x)	(x)	x	Winter sehr kalt: Dezember −19 °C, Januar −17 °C; zweite Maihälfte trocken	Winterfrost limitierend für Tanne Maitrockenheit für Esche limitierend?
1919			(x)	x		kurzer Wintereinbruch im Februar −19 °C, ganzer Mai und Juni trocken	Frühjahrstrockenheit
1920		x				Winter sehr mild, Vegetationsperiode normal . . .	eventuell Mastjahr?
1921			x			Winter sehr trocken, Mai niederschlagsreich . . .	Boden im Frühjahr nicht gesättigt
1922	**x**	(x)	(x)	x		heftige Temperaturstürze März/April, Maihitze . .	Temperaturstürze
1925					x	durchschnittliche Witterung, Mai feucht	Mast, Schädlinge? Weiserjahr auch 1926
1929	x	**x**	x	**x**		Winter sehr kalt und trocken, Februar −22,7 °C; Temperatursturz im April −6 °C; Vegetationsperiode gut	Winterfrost, eventuell auch Temperatursturz
1934	(x)	(x)	**x**	x	x	April/Mai extrem trocken und relativ heiss	Frühjahrstrockenheit
1935			x			Spätfrost Mitte Mai, sonst günstiger Verlauf . . .	Vorjahreseinfluss, Mast, Schädlinge?
1938						aussergewöhnlich grosse Frühjahrstrockenheit. . .	keine Weiserjahre
1940	x					kalter Januar −19 °C	nur Tanne: Winterfrost
1941					(x)	Spätfrost im Mai nach längerer kühler Periode . . .	kaum Weiserjahre
1942				**x**		Winter eher kalt, Spätfrost Anfang Mai −1 °C . . .	Spätfrost
1944			x			trockener Mai, anfangs kühl, später sehr warm. . .	Trockenheit (Standortunterschiede)
1945			x	x		März/April sehr warm, dann Kälteeinbruch −2 °C und im Mai wieder sehr hohe Temperaturen . . .	doppelte Wirkung durch Spätfrost und anschliessende Hitze
1947				x	**x**	ganze Vegetationsperiode sehr warm und trocken. .	Wasserdefizit bei Laubausbruch Bu, Es

1948	**x**	x	(x)	**x**	**x**	nach mildem Winter Kälteeinbruch im Februar; Frühjahr warm und eher trocken	Vorjahreswirkung und/oder Frühjahrs-trockenheit
1949		(x)	(x)			April sehr warm 26 °C, ab Juni Sommerdürre . . .	andere Regionen Weiserjahre, hier kaum
1951				**x**		günstige Frühjahrswitterung feucht/warm	eventuell Mast ausgelöst durch Hitze 1949
1953					x	Spätfrost 10./11. Mai, dann heiss/trocken	Frost und Hitze bei Laubaustrieb Es
1956	**x**					nach mildem Winter grosse Kälte Februar −21,6 °C .	Winterfrost limitierend für Tanne
1957				x	x	März/April warm/trocken, dann Spätfrost 8. Mai . .	Spätfrost behindert Laubaustrieb
1960				x	**x**	März/April warm/trocken, Juni wieder trocken möglicherweise schwacher Spätfrost Anfang Mai . .	Böden eventuell schlecht wassergesättigt
1962		x	x	x	x	April warm, Kälteeinbrüche im Mai, trockener Sommer	Temperaturschwankungen und/oder Sommertrockenheit
1963	(x)		x	**x**		sehr kalter Winter: Januar −21,8 °C	Winterfrost oder Vorjahreswirkung?
1968	x	(x)		(x)	x	März/April warm, dann Spätfrost 8. Mai anschliessende Trockenperiode	Temperaturschwankungen, Spätfrost, evtl. Wirkung von Sommertrockenheit 1967
1971	(x)		x	x		heftiger Temperatursturz im März, Wärmeperiode im April/Mai, ausreichend Niederschläge	keine befriedigende Erklärung
1976	(x)	x	x	**x**	**x**	trockenes Frühjahr mit starken Temperatur-schwankungen, Juni extrem warm/trocken	Trockenheit und/oder Temperatur-schwankungen
1977			(x)	x	x	warme Periode im März, dann kalter April, aber niederschlagsreiches Frühjahr	evtl. Mast durch Vorjahreswirkung
1979						starker Spätfrost 5. Mai −2 °C, vorher kühle Witterungsphase	keine Weiserjahre, Vegetationsbeginn möglicherweise verspätet
1981	x		(x)	x		Frost Ende April, Frühjahr feucht/kühl	Ursache unklar, eventuell Spätfrost?
1985						«Jahrhundertkälte» im Januar	keine Reaktion der Tanne
1986	**x**	(x)				Februar kalt	keine befriedigende Erklärung

Signaturen:

x > 60% der Bäume mit Ereignisjahren
x 40–60% der Bäume mit Ereignisjahren
(x) 20–40% der Bäume mit Ereignisjahren
Ta: Tanne; Fi: Fichte; Fö: Föhre; Bu: Buche; Es: Esche.

4.1 Der Bezug zum Standort

4.1.1 Jahrringbreiten-Weiserjahre

In Tabelle 2a bis 2c ist die Intensität der Jahrringbreiten-Weiserjahre in Beziehung zu den Feuchtigkeiten der Standorte und der jährlichen Witterung dargestellt.

Zusammenfassend kann gesagt werden:

- Die deutlichen Weiserjahre sind in der Regel an allen Standorten, trockenen und feuchten, vorhanden. Daraus ist zu schliessen, dass jeder Baum optimal an seinen Standort angepasst ist; ein Niederschlagsdefizit wirkt sich beispielsweise in Bäumen an feuchten Standorten mit einem grossen Wasserumsatz ebenso aus wie in solchen an trockenen Standorten mit einem durchschnittlich geringen Umsatz.
- Die negativen Weiserjahre kommen an Feuchtstandorten besser zum Ausdruck als an trockenen Standorten. Ein geringes Wasserdefizit scheint sich an den feuchten Standorten stärker auszuwirken als an trockenen.
- An Trockenstandorten zeichnen sich die positiven Weiserjahre besser aus. Es ist anzunehmen, dass Bäume an solchen Standorten auch in Normaljahren unter Wassermangel leiden. Wenn dann ein Jahr mit besserer Wasserversorgung auftritt, ist der Baum in der Lage, die kambiale Aktivität drastisch zu erhöhen.

4.1.2 Spätholzbreiten-Weiserjahre

Es ist recht schwierig, die Spätholzbreiten-Ereignisjahre optisch festzustellen, da die Spätholzbreite in Beziehung zur Jahrringbreite gesetzt werden muss. Die Fichten-Spätholzbreiten liefern im vorliegenden Material wenig zusätzliche Informationen. Oft entsprechen sie den Jahrringbreiten-Weiserjahren, zum Beispiel 1929, 1948, 1951, 1962, 1976. Das negative Spätholzweiserjahr des Jahres 1911 wurde durch die Trockenheit im Juli und August verursacht. Bei der Kiefer sind die Spätholzweiserjahre mit Trockenheiten der Monate Juli und August korreliert, zum Beispiel 1911, 1949, 1962. Bäume auf Trockenstandorten reagieren auf solche Ereignisse besonders stark, zum Beispiel Standort 19, mit den Jahren 1904, 1933 und 1952. Die Spätholzbreite der Kiefern scheint wesentlich vom Wasserangebot der Monate Juli und August abhängig zu sein.

4.1.3 Dichteschwankungs-Weiserjahre

Einzig bei der Fichte konnten solche Weiserjahre festgestellt werden; 1934 und 1976. In beiden Fällen wird das Frühholzwachstum von einer Frühsommertrockenheit vorübergehend verlangsamt. Dabei entstehen englumige, dickwandige Tracheiden, die sich im mikroskopischen Bild als Dichteschwankung äussern.

4.2 Der Bezug zur Baumart

4.2.1 Häufigkeit von Ereignis- und Weiserjahren

Die Häufigkeit der Ereignis- und Weiserjahre ist arttypisch. Wird der Durchschnitt aller, auf allen Bohrkernen festgestellten Ereignisjahre von 1900 bis 1986 berechnet, so ergibt sich folgendes:

Buchen reagieren mit durchschnittlich 35, Kiefern und Tannen mit je 27 Ereignisjahren für diese Zeitperiode. Fichten sind weniger reaktionsfähig und weisen durchschnittlich nur 19 Ereignisjahre auf. In allen Fällen sind etwa gleich viel positive wie negative Ereignisjahre vorhanden. Bei Buchen und Kiefern folgen sich oft zwei Ereignisjahre; bei Fichten und Tannen stehen sie meistens einzeln.

4.2.2 Klimatologische Interpretation der Weiserjahre

Wie aus *Tabelle 3* hervorgeht, ist die Reaktion auf Umwelteinflüsse oft artspezifisch. Es stellt sich die Frage, welche meteorologischen Ereignisse zu welchem Zeitpunkt und wie lange das Wachstum einzelner Arten stark gehemmt oder gefördert haben. Im folgenden werden nur diejenigen Weiserjahre besprochen, die im Untersuchungsgebiet bei mindestens 40% der Bäume auftreten. Wir sind uns bewusst, dass die folgenden Aussagen nur für das untersuchte Gebiet Gültigkeit haben.

Picea abies (n = 99) kursiv = sehr deutliche Weiserjahre

Negative Weiserjahre 1920, *1929,* 1948, *1951,* 1962, 1976.

Die Fichte weist wenig Weiserjahre auf. Trotz des flachen Wurzelwerkes zeichnen sich typische Trockenjahre wie 1934, 1962, 1976 nur schwach ab. Andeutungsweise kommen auch Temperaturstürze im Frühjahr zum Ausdruck. Das deutlichste Weiserjahr ist 1951; es ist klimatisch nicht zu erklären. Möglicherweise handelt es sich um ein Mastjahr – eine Reaktion auf die Trockenheit vor 1950 – in welchem die meisten Kohlehydrate für Zapfenbildung verwendet wurden.

Positive Weiserjahre 1903, 1927, *1955,* 1956. Siehe Erläuterungen bei *Fagus sylvatica.*

Abies alba (n = 21)

Negative Weiserjahre *1907, 1909,* 1918, *1922,* 1929, 1940, *1948, 1956,* 1968, 1981, *1986.*

Die Tanne ist normalerweise empfindlich gegenüber Winterfrösten. Negative Weiserjahre treten vor allem in Jahren mit anhaltend tiefen Wintertemperaturen auf (1907, 1918, 1929, 1952). Gegenüber Spätfrösten dagegen scheint sie weniger empfindlich zu sein als die Buche. Nur bei extremen Frühlings- und Frühsommertrockenheiten reagiert die Tanne mit einem Weiserjahr.

Positive Weiserjahre 1916, 1932, 1947 *1955,* 1972, 1985.

Positive Weiserjahre treten bei kühl-feuchter Witterung im Mai bis Juli auf.

Pinus sylvestris (n = 65)

Negative Weiserjahre 1909, 1921, 1925, *1934,* 1935, 1944, 1945, 1963, 1971, 1976.

Die Kiefer weist sehr viele Weiserjahre auf. Frühlings- und Frühsommertrockenheiten zeichnen sich regelmässig als negative Weiserjahre aus. Nicht auszuschliessen ist eine Spätfrostempfindlichkeit (1909, 1929, 1945).

Positive Weiserjahre *1902,* 1915, *1916,* 1917, 1926, 1927, 1930, 1932, 1939, *1941,* 1946, 1951, 1958, *1967.*

Positive Weiserjahre entstehen bei feucht-warmen Verhältnissen im Mai und Juni (Juli). Stark einschränkende oder fördernde Ereignisse haben oft eine entsprechende Nachwirkung im Folgejahr.

Fagus sylvatica (n= 128)

Negative Weiserjahre 1909, 1912, 1913, 1919, 1922, *1929,* 1934, 1942, 1945, 1947, *1948, 1950,* 1957, 1960, 1962, *1963,* 1971, *1976,* 1977, 1981.

Die Buche weist sehr viele Weiserjahre auf. Sie sind häufig auf Spätfröste und extreme Temperaturstürze im Frühjahr zurückzuführen, zum Beispiel 1909, 1913, 1922, 1942, 1945, 1957. In der Zeit des Blattaustriebes (Ende April bis Anfang Mai) ist die Physiologie der Buche durch Fröste gefährdet: In einer Warmphase des Frühlings erfolgt die Frostenthärtung und ein darauf folgender Frost schädigt die austreibenden Blattanlagen nachhaltig. Die Buche ist auch empfindlich auf Frühjahrstrockenheit, zum Beispiel 1912, 1919, 1934, 1947, 1948, 1976. Trockenheiten in den Hochsommermonaten beeinträchtigen das Wachstum im Folgejahr (1948, 1950, 1963, 1977).

Positive Weiserjahre 1905, 1916, 1926, *1932, 1939,* 1944, 1955, *1958,* 1969, 1975.

Wie bei den andern Arten wird das Wachstum insbesondere durch ausgeglichene Temperaturen bei genügend Luft- und Bodenfeuchtigkeit während der Frühsommerzeit gefördert. Eine günstige Sommerwitterung kann ungünstige Bedingungen zu Vegetationsbeginn nicht mehr kompensieren. Im Untersuchungsgebiet spielt die Witterung des Monats Mai eine Schlüsselrolle.

Fraxinus excelsior (n = 24)

Negative Weiserjahre 1913, 1918, 1925, 1926, *1934, 1947, 1948,* 1953, 1957, *1960,* 1962, 1968, 1975, *1976,* 1977, 1982.

Die Esche ist spätfrostempfindlich, reagiert jedoch nur dann, wenn der Frost zur Zeit des Laubausbruches erfolgte (Anfang bis Mitte Mai). Aus diesem Grunde zeichnen sich die relativ früh auftretenden Spätfröste 1909, 1929, 1942 und 1945 nicht ab.

Die Esche ist unempfindlich gegenüber Winterfrösten. So weisen alle anderen Arten im Jahre 1929 nach grosser Winterkälte ein Weiserjahr auf, nicht jedoch die Esche.

Positive Weiserjahre 1916, *1923,* 1929, 1932, 1936, 1940, 1951, 1955, 1956, 1963, *1973,* 1985.

Die Esche verhält sich ähnlich wie die Buche.

Im Überblick kann festgestellt werden, dass ab dem Jahre 1900 nur gerade drei Weiserjahre bei allen Arten auftreten. Es sind dies zwei Jahre mit langer Frühjahrstrockenheit (1934 und 1976) und das Jahr 1948, das wohl als Reaktion auf die Sommertrockenheit von 1947 zurückgeführt werden muss. Häufig bilden zwei bis drei Arten gleichzeitig Weiserjahre. Zudem weisen alle Arten ihre spezifischen Weiserjahre auf, zum Beispiel:

Tanne: 1907, 1940, 1956. Jahre mit grosser Winterkälte.
Fichte: 1920, 1951. Keine sichere Erklärung.
Kiefer: 1921, 1935, 1944. Meistens Frühsommertrockenheit.
Buche: 1912, 1950. Keine sichere Erklärung, 1942 Spätfrost.
Esche: 1953. Spätfrost.

Von den 87 analysierten Jahren von 1900 bis 1986 weisen 37 eindeutige Weiserjahre auf, jedoch verteilt auf die verschiedenen Arten.

5. Folgerungen

Die vorliegende Untersuchung aus dem schweizerischen Laubwaldgebiet beschränkt sich auf die Erkennung und Interpretation von Extremereignissen, sogenannten Weiserjahren. Sie zeigt, dass in Bäumen der Buchenwaldzone verschiedenartige, kurz- und langzeitig wirkende Faktoren vor und während der Vegetationszeit bei verschiedenen Baumarten an unterschiedlichen Standorten unterschiedliche Reaktionen erzeugen. Wie dargelegt wurde, sind wir vielfach nicht in der Lage, die Weiserjahre ökologisch zu erklären. Um so weniger gelingt es, die sogenannten Normaljahre zu interpretieren. Es liegt deshalb nahe, das Problem mit den auf kontinuierlichen Zeitreihen beruhenden statistischen Methoden zu lösen. Aus biologischer Sicht ergeben sich jedoch vielfach sinnlose Ergebnisse, denn mit diesen Methoden werden Mittelwerte kontinuierlicher Jahrringabfolgen (Chronologien) mit kontinuierlichen monatlichen Temperatur-Mittelwerten und monatlichen Niederschlagssummen in Beziehung gesetzt. Aufgrund unserer Ergebnisse ist dieser Ansatz – zumindest für das Untersuchungsgebiet – abiologisch, denn er berücksichtigt nicht, dass

- in praktisch allen Jahren, in welchen Weiserjahre ausgebildet wurden, ein gewisser Teil einer Population nicht auf ein Ereignis reagiert hat. Die Interpretation von Mittelkurven ist nur dann vollständig, wenn die Anzahl der reagierenden Individuen bekannt ist. Es ist stets zu bedenken, dass in Mittelkurven Signale verlorengehen, die in sensiblen Individuen deutlich vorhanden sind.

- kurz- und langzeitige Ereignisse dieselben Jahrringstrukturen erzeugen; zum Beispiel erzeugt ein Spätfrostereignis einer einzigen Nacht einen ebenso schmalen Jahrring wie eine dreimonatige Trockenheit.
- in kontinuierlichen, auf monatlichen Mittelwerten beruhenden Zeitreihenanalysen kurzfristige und selten auftretende, ökologisch aber sehr wirksame Ereignisse, zum Beispiel Spätfröste, nicht zum Ausdruck kommen.
- der physiologische Zustand der Pflanze, zum Beispiel ein Frosthärtestadium, bei der kontinuierlichen Zeitreihenanalyse nicht berücksichtigt wird.
- biologisch extreme Auswirkungen, zum Beispiel nach Bränden (ein bis mehrere schmale Jahrringe), nach Stürmen (Druckholz), nach Auflichtungen (abrupte Zuwachswechsel), in Mastjahren (negative Weiserjahre) und anderes mehr, im statistischen Vergleich als «noise» oder Ausreisser ausgeschieden werden.

Die auf kontinuierlichen Zeitreihen beruhenden Ergebnisse vermitteln den Eindruck, dass Umweltereignisse einen mit einer Prozentzahl auszudrückenden Einfluss auf das radiale Wachstum gehabt hätten. In Wirklichkeit wirken in einzelnen Jahren einzelne Faktoren in positivem oder negativem Sinne sehr stark. Wie auch *Kienast* 1985 aufgezeigt hat, sind mit solchen Analysen die biologisch wirksamen Umweltfaktoren nicht zu quantifizieren. Einzig bei jahrringanalytischen Datenreihen mit extrem hohem und uniformem klimatologischem Informationsgehalt scheinen derartige Analysen ihre Berechtigung zu haben.

Ein weiteres statistisches Artefakt wird bei der Anwendung verschiedener Ausgleichsfunktionen in die Berechnung eingebracht. Alle Ausgleichsfunktionen beruhen auf ungebrochenen Linien, zum Beispiel negative Exponentialfunktion, Polynomial usw. In Wirklichkeit jedoch sind viele, von blossem Auge leicht erkennbare abrupte Zuwachsveränderungen vorhanden, deren Beginn und Ende von grosser ökologischer und physiologischer Bedeutung sind. Mit den erwähnten Ausgleichsfunktionen werden diese im Material eindeutig erkennbaren Merkmale zur Unkenntlichkeit deformiert.

Aufgrund dieser Analysen erscheint es sinnvoll, dass wir in Zukunft alle Anstrengungen unternehmen, um die jahrringanalytischen Ergebnisse den biologischen Gegebenheiten anzupassen:

- Bei der Probenauswahl ist der Art-, Bestandes- und Standortauswahl grosse Bedeutung zuzumessen.
- Bei der Analyse sind bei Individuen alle Merkmale zu erheben, die auf ein jährliches Ereignis hinweisen, zum Beispiel Ereignisjahre und abrupte Zuwachswechsel.
- Bei der Auswertung ist die Häufigkeit der auf ein Ereignis reagierenden Bäume und deren geographische Position zu beachten. Die statistischen Methoden sind den im Material vorhandenen Signalen anzupassen. Die Inter-

pretationen der bisherigen, auf Durchschnittswerten beruhenden Berechnungen (Chronologien, Zeitreihenvergleiche, Ausgleichsfunktionen) sind zu überprüfen.

Résumé

Années caractéristiques en tant qu'indicateurs d'influences extrêmes du milieu

Nous avons analysé des cernes extrêmement étroits, et d'autres très larges (cernes caractéristiques) sur des épicéas, pins sylvestres, hêtres et frênes situés dans des régions très vallonnées du Krauchthal, près de Berne. Ces cernes expriment des facteurs de l'environnement extrêmement limitatifs ou stimulants. Lorsque plusieurs arbres d'un peuplement présentent des cernes caractéristiques synchrones, ces cernes sont qualifiés d'années caractéristiques. Cette distinction est partiellement spécifique à une espèce et/ou à un endroit. Chez toutes les espèces, les années caractéristiques larges se forment généralement durant les mois où la période de végétation se déroule sous un temps frais et humide alors que les années caractéristiques étroites reflètent des événements de courte durée comme les gels hivernaux, les gels tardifs, et autres, ou également les sécheresses relativement longues. Souvent, les conditions climatiques n'expliquent pas l'année caractéristique de manière certaine. Il est dès lors peu vraisemblable que les résultats fondés sur l'analyse de périodes continues soient biologiquement utiles.

Literatur

Douglass, A. E. (1971): Climatic cycles and Tree-growth. Cramer Lehre. New impression of the work of 1919, 1938 and 1936.

Fritts, H. C. (1976): Tree rings and climate. New York, San Francisco. Academic Press, 567 pp.

Kienast, F. (1985): Dendroökologische Untersuchungen an Höhenprofilen aus verschiedenen Klimabereichen. Diss. Univ. Zürich. Juris Druck und Verlag, Zürich, 129 Seiten.

Lenz, O., Nogler, P., Bräker, O. U. (1988): L'évolution du temps et le dépérissement du Sapin blanc dans la région de Berne. Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Ber. 303, Birmensdorf.

Schweingruber, F. H., Eckstein, D., Serre-Bachet, F., Bräker, O. U. (1990): Identification, Presentation and Interpretation of Event Years and Pointer Years in Dendrochronology. Dendrochronologia, 8: 9–39.

Walter, H., Lieth, H. (1967): Klimadiagramm-Weltatlas. Jena, Fischer.

Kontaktadresse:

Dr. Fritz Hans Schweingruber
WSL
CH-8903 Birmensdorf