**Zeitschrift:** Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Entomologique Suisse = Journal of the Swiss Entomological Society

**Herausgeber:** Schweizerische Entomologische Gesellschaft

**Band:** 71 (1998)

**Heft:** 1-2

**Artikel:** Dendrochronologische Rekonstruktion der schweizerischen Fluggebiete des Maikäfers (Melolontha melolontha L.) für die vergangenen 800 Jahre

**Autor:** Vogel, Ralph B. / Keller, Siegfried

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-402705

**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:** 12.07.2025

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

MITTEILUNGEN DER SCHWEIZERISCHEN ENTOMOLOGISCHEN GESELLSCHAFT
*BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ ENTOMOLOGIQUE SUISSE*
71, 141 – 152, 1998

# Dendrochronologische Rekonstruktion der schweizerischen Fluggebiete des Maikäfers (*Melolontha melolontha* L.) für die vergangenen 800 Jahre

RALPH B. VOGEL[1] & SIEGFRIED KELLER[2]

[1] Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Zürcherstr. 111, CH-8903 Birmensdorf
[2] Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Reckenholzstr. 19, CH-8046 Zürich

*Dendrochronological reconstruction of the distribution of cockchafers (Melolontha melolontha L.) in Switzerland.* – Spatial movements and changes of cockchafer-strains (*Melolontha melolontha* L.) which have a three year life-cycle were reconstructed in Switzerland since the 13th century by dendrochronological methods. Using the coefficient of parallel variation or the Gleichläufigkeit, we tested 1319 historical tree-ring series of oak (*Quercus* sp.) with artificial time series simulating a decrease of growth every third year. All statistically significant tree-ring series were mapped separately for the three possible cyclic outbreaks of cockchafer. It is clearly shown that one strain has dominated in Switzerland for the last 800 years. The geographical distribution of cockchafer-strains seems to be stable for certain areas over many centuries. Our proposed method might be also helpful for detecting imported timber of historical settlements.

Keywords: Cockchafer (*Melolontha melolontha* L.), oaks (*Quercus* sp.), tree-rings, cyclic outbreaks, historical timber, Switzerland.

## EINLEITUNG

Die Engerlinge des Maikäfers (*Melolontha melolontha* L.) können in landwirtschaftlichen Kulturen erhebliche Schäden anrichten. Mit Prozessionen und Exorzismen versuchten die Menschen des Mittelalters diese Plage abzuwehren (TOBLER, 1893). Zu Beginn des 19. Jahrhunderts wurde die Engerlingsbekämpfung auf wissenschaftliche Grundlagen gestellt. Sammeln von Käfern und Engerlingen sollten die Populationen reduzieren und Schäden vermindern. Verschiedene Kantone erliessen eine Sammelpflicht, die bis um 1950 bestand. Zu dieser Zeit wurde die mechanische Bekämpfung durch den wirksameren Einsatz von Insektiziden ersetzt (KELLER, 1986a). Heute werden Engerlinge vorwiegend auf biologische Art mit Hilfe des Pilzes *Beauveria brongniartii* bekämpft, während wertvolle Kulturen zur Zeit des Maikäferfluges mit Netzen abgedeckt werden, um Eiablagen zu verhindern (BRENNER & KELLER, 1996; KELLER, unpubl.).

Der bevorzugte Lebensraum der Engerlinge sind Dauerwiesen. Die Nahrung besteht aus Wurzeln verschiedener Pflanzenarten, wobei nach SCHÜTTE (1976) Löwenzahn (*Taraxacum officinale*) vom Schädling bevorzugt wird. Im Schweizerischen Mittelland, in den Voralpen und inneralpinen Tälern besitzt *M. melolontha* eine dreijährige Individualentwicklung. Maikäferpopulationen mit einem vierjährigen Entwicklungszyklus lassen sich in Graubünden und im Wallis überwiegend oberhalb von 1000 m ü. M. nachweisen (ALLENSPACH, 1973). Etwa Mitte April / Anfang Mai erfolgt der Ausflug der Imago (KELLER, 1986b). Dem ausgewachsenen

Insekt dient das Laub verschiedener Bäume und Sträucher als Futterquelle. Nach Laborbefunden und Freilandbeobachtungen haben vor allem junge Eichenblätter eine starke Attraktivität (SCHNEIDER, 1980).

Da die Entwicklung in einer Region synchron verläuft, erscheinen die Maikäfer entsprechend ihrer Individualentwicklung alle drei oder vier Jahre in grösserer Zahl. Solche Jahre werden als Flugjahre bezeichnet. Da im Schweizer Mittelland ausschliesslich dreijährige Zyklen vorkommen, sind demzufolge drei verschiedene, räumlich voneinander getrennte, Flugjahre möglich. HEER (1841) hat vorgeschlagen, sie nach jenen Kantonen zu benennen, in denen starke Flüge auftreten: Basler Flug, Berner Flug und Urner Flug. Für den internationalen Gebrauch schlug SCHNEIDER-ORELLI (1949) neue Flugbezeichnungen vor (Tab. 1). Für die räumliche Trennung der Fluggebiete gibt es bisher keine plausible Erklärung (KELLER, 1986b). Die Kartierung der Fluggebiete dient der Vorhersage der Maikäferflugjahre und stellt somit die älteste Schädlingsprognose überhaupt dar (FABER, 1961). Für die Schweiz sind Fluggebietserhebungen von HEER (1841), DECOPPET (1920), SCHNEIDER-ORELLI (1949) und BALTENSWEILER *et al.*, (1986) durchgeführt worden (Abb. 1). Bis zum Zweiten Weltkrieg wurden die Flugareale aufgrund von staatlich verordneten Maikäfersammlungen erfasst. Die nachfolgenden Erhebungen stützten sich auf die Kartierung von kahlgefressenen Waldrändern sowie auf Flugbeobachtungen.

Der Rückgang des Maikäfers in den letzten 30 Jahren ist in erster Linie durch langfristige Populationsdichteschwankungen zu erklären. Aus historischen Aufzeichnungen vor allem aus dem Kanton Zürich geht hervor, dass 4–5 Generationen mit starken Flügen abwechselten mit 4–10 Generationen mit schwachen oder fehlenden Flügen. Daraus kann geschlossen werden, dass ungefähr alle 40 Jahre eine Maikäfermassenvermehrung erfolgte. Der Strukturwandel, der in der schweizerischen Landwirtschaft in den letzten 100 Jahren stattfand, hat das Auftreten der Maikäfer ohne Zweifel beeinflusst, vor allem der Rückgang der Naturwiesenflächen im Schweizer Mittelland in den letzten 30 Jahren. (KELLER, 1986c, BALTENSWEILER *et al.*, 1986).

Über Zuwachsverluste der Eiche, verursacht durch Blattfrass von Insekten, wurden bisher hauptsächlich ertragskundliche Untersuchungen durchgeführt: JÜTTNER (1959) wies Wachstumseinbrüche nach Massenvermehrungen des Eichenwicklers (*Tortix viridana* L.) nach. VARLEY & GRADWELL (1962) und VARLEY (1978) korrelierten reduzierte Spätholzbreiten mit dem Kahlfrass von Raupen des Eichenwicklers und des kleinen Frostspanners (*Operophtera brumata* L.). Der Wald-

Tab. 1. Bezeichnungen der Flugjahre des Maikäfers (*Melolontha melolontha*).

| Heer (1841) | Schneider-Orelli (1949) | Berechnung |
|---|---|---|
| Basler Flug | III / 0 | Jahreszahl geteilt durch 3, Rest 0. Beispiel: 1992. |
| Berner Flug | III / 1 | Jahreszahl geteilt durch 3, Rest 1. Beispiel: 1993. |
| Urner Flug | III / 2 | Jahreszahl geteilt durch 3, Rest 2. Beispiel: 1994. |

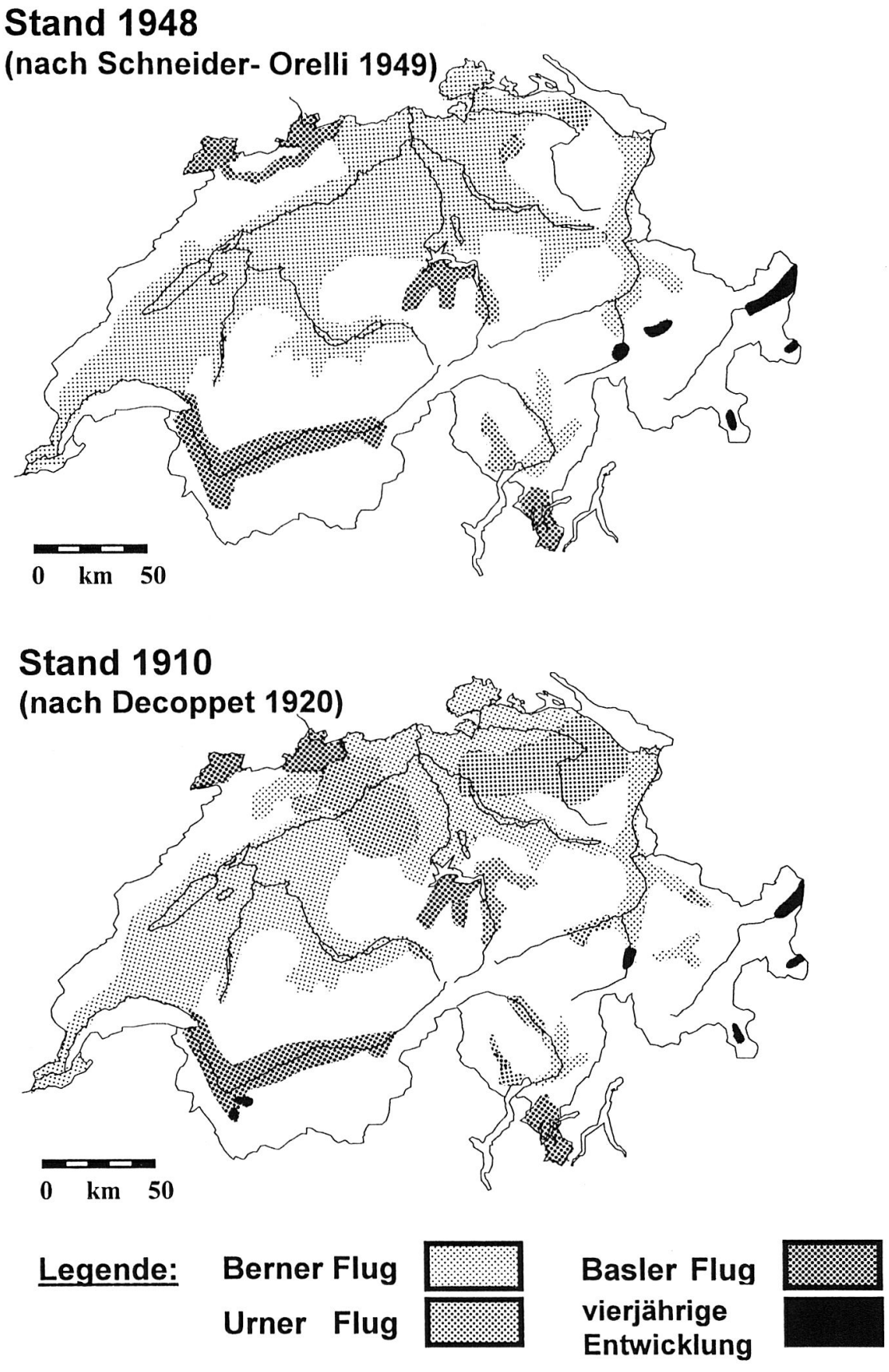


Abb. 1. Rezente Verbreitungskarten der Flugjahre.

maikäfer (*Melolontha hippocastani* L.) und der Feldmaikäfer (*Melolontha melolontha* L.) entlauben zyklisch frisch ausgetriebene Bäume, was sich in der Jahrringstruktur deutlich abzeichnet (HUBER, 1982; CHRISTENSEN, 1987). Nach der Bildung der Frühholzporen vor dem Laubausbruch findet ein abrupter Wachstumsunterbruch statt. Vermutlich setzt der Baum alle Energie in Johannistriebe; somit bleibt das Spätholzwachstum aus (SCHWEINGRUBER, 1996).

In der vorliegenden Studie soll mit statistischen Methoden der Maikäferzyklus in historischem Eichenholz identifiziert werden. Die von Maikäferfrass beeinflussten Jahrring-Sequenzen werden dann nach Flugjahren differenziert in einen räumlichen und zeitlichen Zusammenhang gebracht. Die Studie verfolgt sowohl ökologische als auch historische Fragestellungen:

– Die vorhandenen Flugbeschreibungen und -kartierungen der letzten 150 Jahre (HEER, 1841; DECOPPET, 1920; SCHNEIDER-ORELLI, 1949; BALTENSWEILER *et al.*, 1986) sollen durch die dendrochronologisch rekonstruierten Flugareale der vorangehenden Jahrhunderte ergänzt werden.

– Die Zuordnung verbauter Hölzer zu einer Flugperiode soll Aufschluss zu deren Herkunft bringen.

## MATERIAL UND METHODEN

Das Datenmaterial umfasst 1319 historische Jahrringbreitenserien von Eichen (*Quercus* sp.), wobei zwischen Stiel- (*Quercus robur* L.) und Traubeneiche (*Quercus petraea* LIEBL.) nicht unterschieden wird, da sie holzanatomisch nicht auseinandergehalten werden können (SCHWEINGRUBER, 1978). Die ausgemessenen Jahrringbreitenserien wurden mit Referenzkurven statistisch und optisch absolut datiert. In ECKSTEIN & BAUCH (1969) und SCHWEINGRUBER (1983) wird ein Überblick über die Methoden der Dendrochronologie gegeben. Die Ergebnisse der Datierungen, insbesondere die Schlagjahre der Bäume, dienten in erster Linie zu baugeschichtlichen und archäologischen Rekonstruktionen von Bauwerken. Folgende dendrochronologischen Labors haben ihre Jahrringdaten zur Verfügung gestellt: H. & K. Egger (Boll), Stadtarchäologie Zürich, Dendron (Basel), Musée cantonal d'archéologie de Neuchâtel, Holzlabor Tegel (Singen) und Landesdenkmalamt Hemmenhofen.

Die Wuchsorte und damit auch die Standortsbedingungen der verbauten Hölzer sind unbekannt. Grössere Städte, deren Eigenwaldungen den benötigten Holzbedarf nicht liefern konnten, deckten sich mit Floss- und Triftgut ein. Schriftlich belegbar ist das Flösserhandwerk in der Schweiz seit dem 14. Jahrhundert (GROSSMANN, 1972). Die Möglichkeit längerer Transportwege von Bauholz vermuteten auch EGGER & EGGER-SPIDLEN (1988) für das Mittelalter. Eine hohe Gleichläufigkeit von nahezu zeitgleichen Jahrringkurven führte zur Annahme, dass die Bauhölzer von zwei etwa 25 km auseinanderliegenden Gebäuden aus dem schweizerischen Mittelland dieselben Herkünfte aufwiesen.

Nach den Erhebungen des Schweizer Landesforstinventars von 1983 (BRÄNDLI, 1996) und des Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen der Schweiz (WELTEN & SUTTER, 1982) liegt der heutige Verbreitungsschwerpunkt der Eichen in der kollinen und submontanen Stufe. Im Schweizer Mittelland wurden die Eichen wegen ihrer Früchte (Schweinemast) und des dauerhaften Holzes über Jahrhunderte stark gefördert.

Nach WELLENHOFER (1948), HUBER (1982) und CHRISTENSEN (1987) weisen wiederholt stark befallene Eichen dem Maikäferzyklus entsprechende Jahrringbrei-

tenminima auf. Um einen möglichen Einfluss des periodischen Blattfrasses von Maikäfern auf das Jahrringmuster der Eiche zu erfassen, wurden daher alle historischen Jahrringserien mit einer idealisierten Maikäferfrasskurve verglichen (HERZIG, HEUSSNER & TEGEL, mündlich). Diese weist alle drei Jahre ein willkürlich gewähltes Jahrringbreitenminimum und in den beiden dazwischenliegenden Jahren ein entsprechendes Maximum auf. Die historischen Jahrringserien wurden mit den idealisierten Maikäferfrasskurven auf statistische Signifikanzen getestet, wobei die Testkurve jeweils auch um ein Jahr vor- und nachversetzt wurde, um alle drei möglichen Flugjahre erfassen zu können. Historische Jahrringkurven, die eine Gleichläufigkeit mit einer statistischen Sicherheit von mindestens 95 % entweder mit der Berner-, Basler- oder Urnerflugjahrkurve aufwiesen, wurden als potentiell von Maikäferfrass beeinflusst definiert.

Um die Auswirkungen von Entlaubungen durch Insekten von anderen natürlichen Faktoren zu isolieren, werden in der Dendrochronologie Wirtsbäume mit Nicht-Wirtsbäumen verglichen (SWETNAM & LYNCH, 1989; WEBER, 1995). Eine ähnliche Witterungssensitivität der Arten bildet die Grundlage, um Abweichungen im Jahrringwachstum auf einen Insektenbefall zurückzuführen. In der vorliegenden Studie musste diese Methode an die dendrochronologischen Datensätze angepasst werden, da die zur Verfügung stehenden Baumarten Fichte (*Picea abies* KARST.), Tanne (*Abies alba* MILL.) und Eiche (*Quercus* sp.) über zum Teil unterschiedliche Standortspreferenzen verfügen: Als Referenzbaum wählten wir die Tanne, da ihr vertikaler Verbreitungsschwerpunkt näher zu demjenigen der Eiche liegt als dies bei der Fichte der Fall ist (BRÄNDLI, 1996). Die Tanne ist nachweislich kein Futterbaum des Maikäfers und wird entsprechend von ihnen gemieden (KELLER, 1986b). Insgesamt testeten wir 639 historische Jahrringreihen der Tanne auf den Maikäferzyklus. Mit diesem artübergreifenden Vergleich soll die Möglichkeit einer zufälligen Übereinstimmung von Eichen-Jahrringsequenzen mit der künstlichen Maikäfer-Frasskurve annäherungsweise ausgeschlossen werden.

Um die räumliche und zeitliche Verteilung der Flugjahre zu untersuchen, wurden die Eichen entsprechend den statistischen Signifikanzen exemplarisch für zwei Jahrhunderte kartiert: Das 17. Jahrhundert schliesst an die Erhebungen von HEER (1841) aus dem 18. und 19. Jahrhundert an. Die früheste Zeitperiode, welche mit einer genügenden Anzahl Eichenhölzern belegt ist, reicht ins 13. Jahrhundert zurück. Die Eichenhölzer wurden demjenigen Jahrhundert zugeordnet, das den überwiegenden Teil ihrer absolut datierten Jahrringfolgen umfasst. Eine Übersichtskarte aller signifikanten Eichen soll zusätzlich das schwerpunktmässige Auftreten von Flugjahren zeigen. Die dendrochronologisch rekonstruierten Fluggebiete wurden den Fluggebietserhebungen und -karten der letzten 150 Jahre gegenübergestellt.

## RESULTATE

### *Maikäferzyklen in historischen Eichen- und Tannenjahrringserien*

Ein Sechstel der Eichenkurven weist eine signifikante Gleichläufigkeit (mindestens 95 % statistischer Sicherheit) mit den idealisierten Maikäferfrasskurven auf (Tab. 2). Die Unterscheidung nach den dreijährigen Zyklen zeigt, dass mehr als die Hälfte der selektierten Jahrringserien dem Berner Flugjahr zugerechnet werden können, gefolgt vom Basler- und Urner Flugjahr.

Die ebenfalls mit der Maikäferfrasskurve getesteten Tannen (*Abies alba*) zeigen, dass jede 11. Jahrringkurve mit den dreijährigen Zyklen statistisch signifikante

Tab. 2. Signifikante Gleichläufigkeiten historischer Eichen- und Tannenserien mit den künstlichen Maikäferfrasskurven.

**Flugjahre im Eichenholz:**

| p | Berner, III (1) | Basler, III (0) | Urner, III (2) | Anzahl Flugjahre | Anzahl Flugjahr in % |
|---|---|---|---|---|---|
| 95% | 74 | 49 | 24 | **147** | **11,1%** |
| 99% | 36 | 8 | 3 | **47** | **3,6%** |
| 99,9% | 27 | 6 | 1 | **34** | **2,6%** |
| | **137** | **63** | **28** | **228** | **17,3%** |

**Total: 1319 analysierte Eichenkurven**

**Flugjahre im Tannenholz:**

| p | Berner, III (1) | Basler, III (0) | Urner, III (2) | Anzahl "Flugjahre" | Anzahl "Flugjahre" in % |
|---|---|---|---|---|---|
| 95% | 9 | 24 | 18 | **51** | **8,0%** |
| 99% | 0 | 2 | 1 | **3** | **0,5%** |
| 99,9% | 0 | 0 | 0 | **0** | **-** |
| | **9** | **26** | **19** | **54** | **8,5%** |

**Total: 639 analysierteTannenkurven**

Gleichläufigkeiten hatte (Tab. 2). Jedoch befinden sich die Signifikanzen im Gegensatz zu den Eichen fast ausschliesslich auf dem 95 % Vertrauensbereich.

*Räumliche Muster der dendrochronologisch rekonstruierten Fluggebiete*

Schweiz:

Die historischen Eichenjahrringserien decken die ganze Schweiz nicht gleichmässig ab (Abb. 2+3). Die räumliche Verteilung der Bauhölzer konzentriert sich vor allem im westlichen und zentralen Mittelland. Räumliche Ballungen von Jahrringserien kennzeichnen insbesondere mittelalterliche urbane Zentren, wie Bern, Zug und Basel. Es gibt demzufolge Gebiete, die ausschliesslich mangels Datenmaterial nicht einem Maikäferfluggebiet zugeordnet werden können.

Die Übersichtskarte (Abb. 2) sämtlicher signifikanten historischen Eichenkurven zeigt das schwerpunktmässige Auftreten der Fluggebiete. Der Berner Maikäferstamm dominiert im Schweizer Mittelland. Basler Flug lokalisiert sich vor allem um Basel, Urner Flug entlang von Bodensee und Rhein. Die Punktdaten der dendrochronologisch rekonstruierten Flugkarten des 13. und 17. Jahrhunderts (Abb. 3) entsprechen weitgehend den Flugarealbeschreibungen von HEER (1841) und den Kartierungen aus dem 20. Jahrhundert (Abb.1).

Region Basel:

In der Region Basel dominieren im Eichenholz sowohl der Berner als auch der Basler Zyklus. Die beste zeitliche Belegung der signifikanten «Maikäfer»-Jahr-

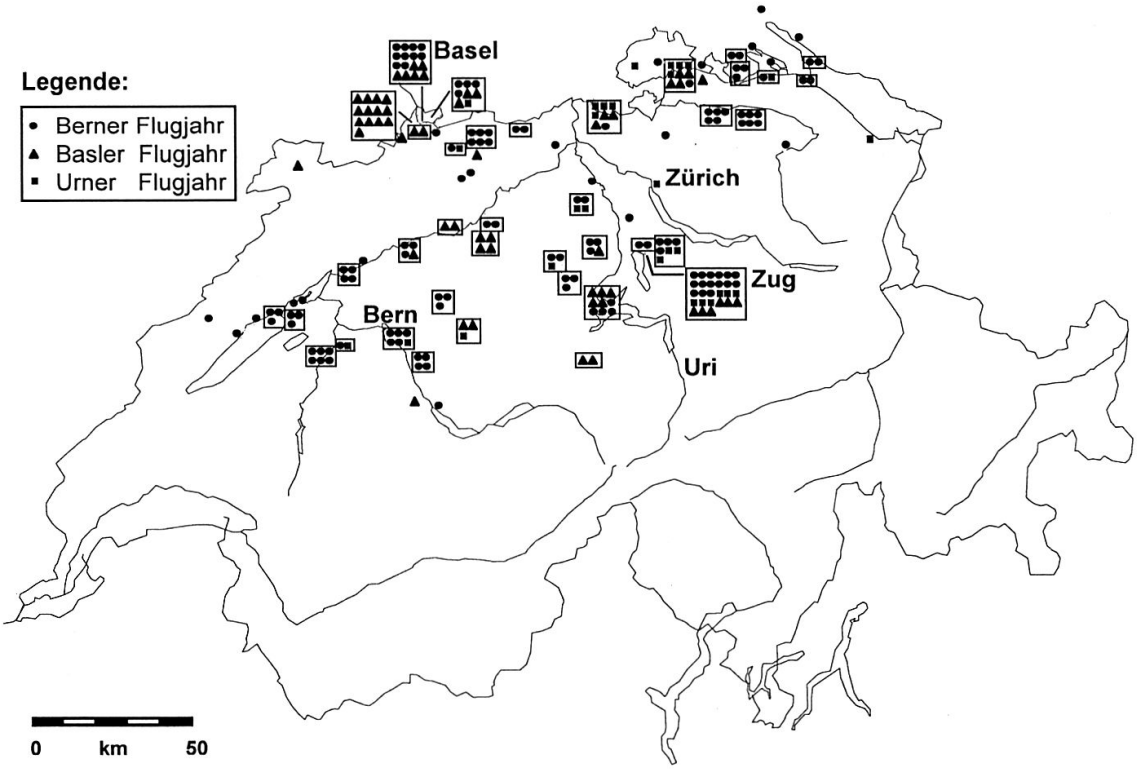


Abb. 2. Räumliche Verteilung und Anzahl der Flugzyklen, abgeleitet aus den 1319 untersuchten historischen Eichenhölzer.

ringserien weisen das 16. und 17. Jahrhundert auf (Abb. 4). Werden die dendrochronologisch hergeleiteten Flugjahre räumlich differenziert betrachtet, lassen sich drei geographische Muster herausarbeiten (Abb. 5):

– Die am Rheinknie gelegenen Städte Basel und Riehen haben einen überwiegenden Anteil an Bauholz mit einem Berner Zyklus. Beigemischt sind auch Eichen, die den Basler Flug aufweisen.
– In der unmittelbaren Umgebung von Basel dominiert der Basler Maikäferzyklus.
– Die von Basel entfernteren Gebiete werden vom Berner Flug beherrscht.

## DISKUSSION

### *Maikäferzyklen in historischen Eichenjahrringserien*

Die mit der künstlichen Maikäferfrasskurve getesteten Eichen weisen deutlich mehr statistisch signifikante Gleichläufigkeiten auf als die Tannen (*Abies alba*). Dieser Unterschied belegt für die Eichen einen zyklischen Wachstumseinbruch, der durch Maikäfer verursacht sein könnte. Solche Eichenserien mit einem «Maikäfersignal» müssen deshalb nach CHRISTENSEN (1987) von weiterführenden dendrochronologischen und dendroklimatologischen Untersuchungen ausgeschlossen werden.

Der mit einem Sechstel der Gesamtmenge dennoch geringe Anteil an durch Maikäferfrass betroffenen Eichen (Tab. 2) lässt sich damit erklären, dass die aus-

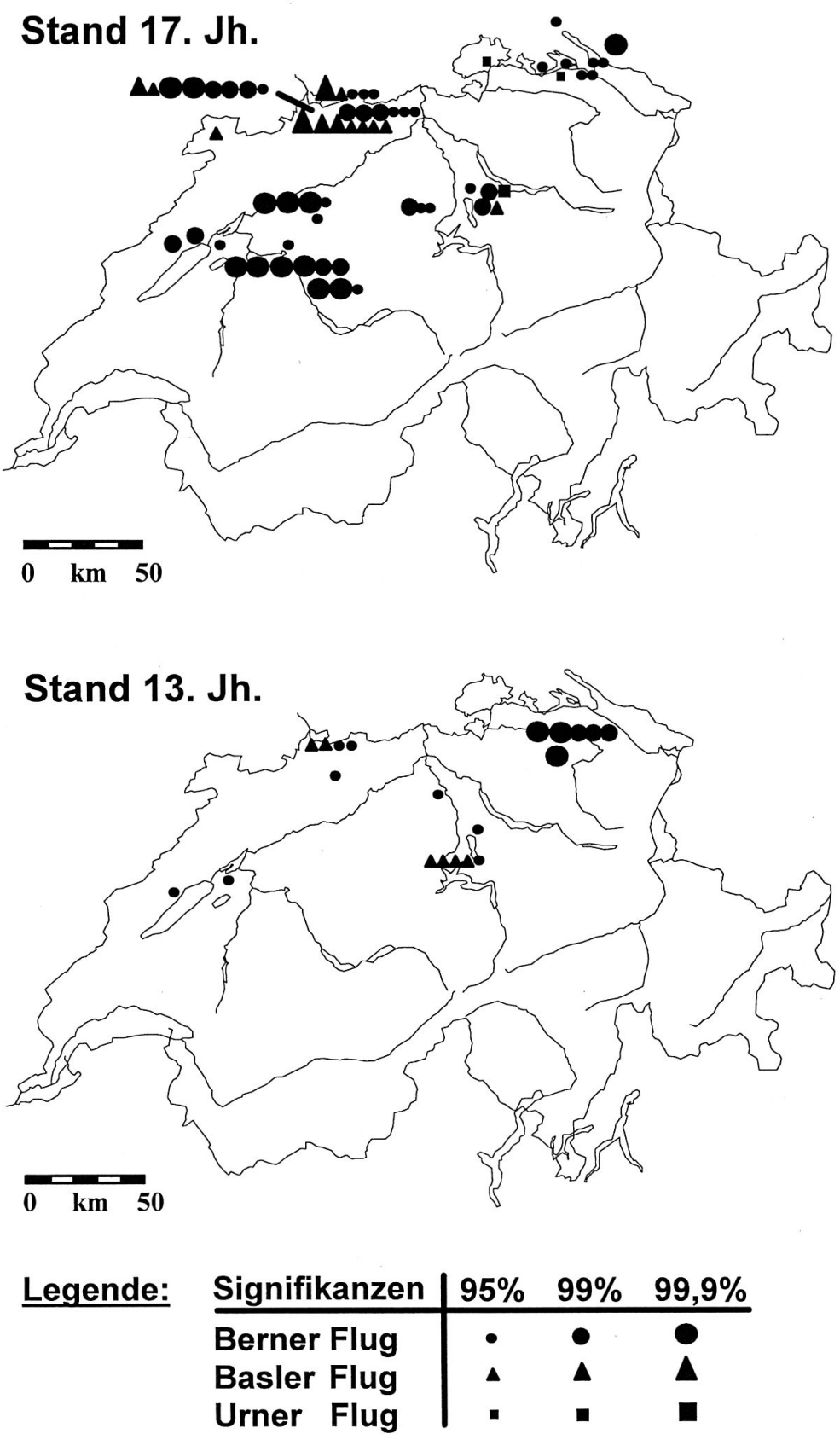


Abb. 3. Historische Verbreitungskarten der Flugjahre des 17. und 13. Jahrhunderts, basierend auf potentiellen Maikäferzyklen in historischem Bauholz.

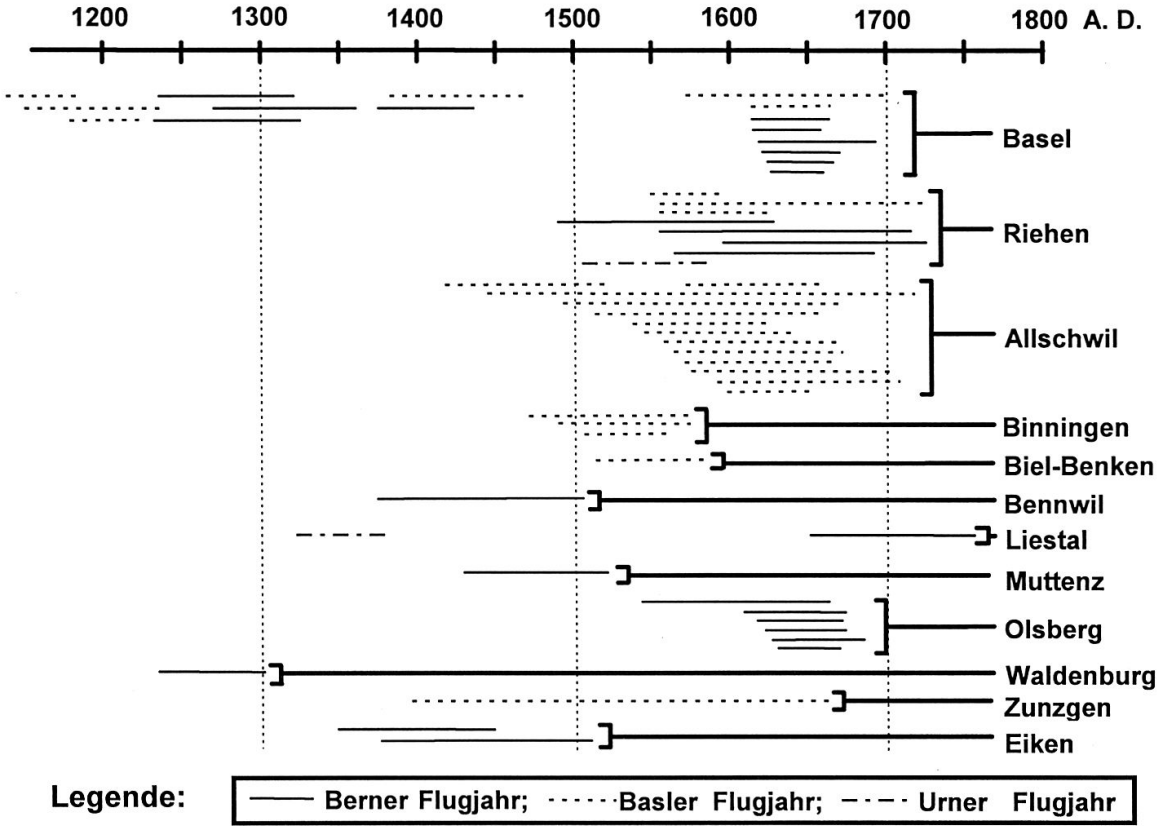


Abb. 4. Zeitliche Belegung der signifikanten «Maikäfer»-Jahrringserien in der Region Basel.

fliegenden Maikäfer sich nach der höchsten Silhouette innerhalb ihrer Sehweite von etwa drei Kilometern orientieren (SCHNEIDER, 1952). Maikäfer befallen demzufolge vermehrt Laubbäume an den Waldrändern als innerhalb der Bestände.

*Flugjahrkartierungen*

Probleme mit der Zuordnung zu einem Flugjahr ergaben sich für das zentrale Mittelland und für die Region um Zug (Abb. 2). Einerseits sind die mangelnde Datenlage, andererseits starke Dichteschwankungen, sowie auch mögliche Fluggebietsveränderungen zu berücksichtigen. Nach HEER (1841) verlief in der Region Zug die Grenze zwischen dem Berner und Urner Fluggebiet. Die Analyse des historischen Eichenholzes stützt diesen Befund (Abb. 2+3). Die Herkunft des vorhandenen «Basler Fluges» in der Stadt Zug lässt sich jedoch nicht interpretieren. Im zentralen Mittelland lässt das Auftreten des Basler Zyklus in den historischen Jahrringserien vermuten, dass dieser Flug dort aufgetreten sein könnte. Im Vergleich mit den Erhebungen von DECOPPET (1920) scheinen die den Maikäferzyklen zugeordneten Hölzer eine grössere Verbreitung des Berner Flugjahres in der Nordostschweiz zu belegen (Abb. 1, 2+3). Aufgrund der Befunde von HEER (1841), DECOPPET (1920), SCHNEIDER-ORELLI (1949), BALTENSWEILER *et al.* (1986) und der dendrochronologischen Ergebnisse (Tab. 1, Abb. 2+3) war der Berner Flug im Schweizer Mittelland bis zum tiefgreifenden Strukturwandel in der Landwirtschaft vorherrschend.

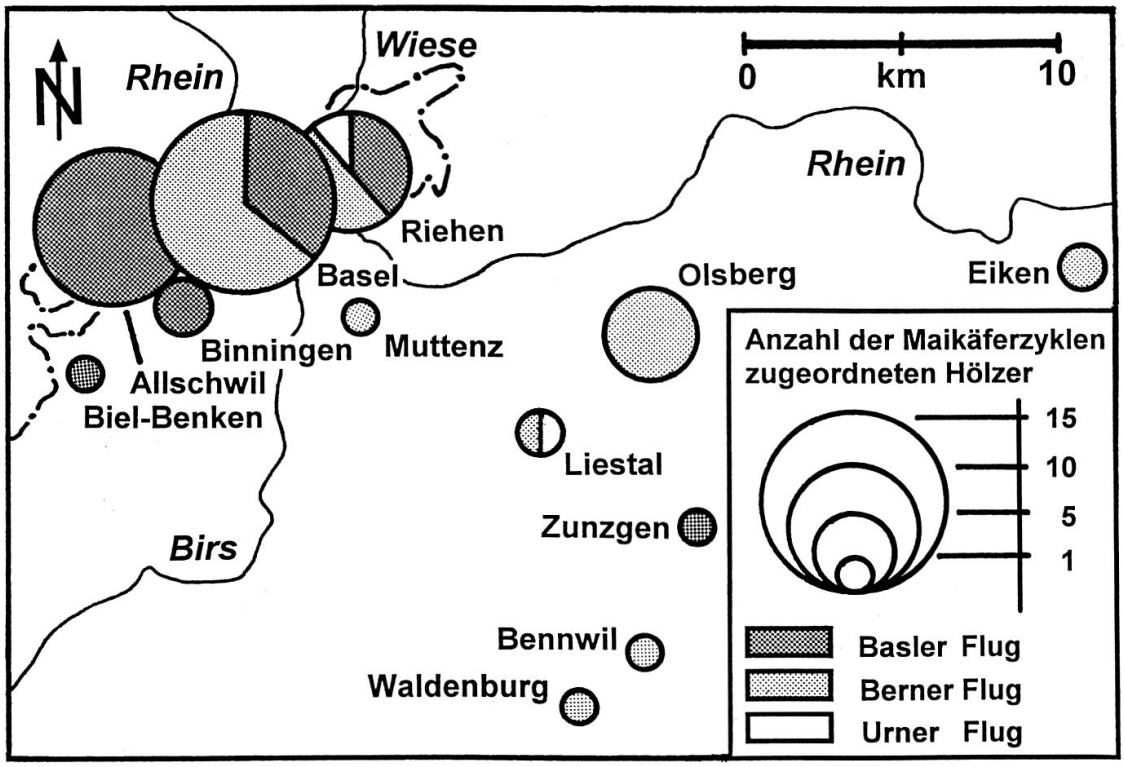


Abb. 5. Räumliche Verteilung der den Maikäferzyklen zugeordneten Bauhölzer in der Region Basel.

Veränderungen der Flugareale wurden in der Schweiz auch für die jüngere Vergangenheit nachgewiesen. So herrschte im Bezirk Zofingen und in angrenzenden Teilen des Kantons Aargau gegen Ende des letzten Jahrhunderts Urner Flug (FISCHER, 1919; DECOPPET, 1920). Seit der Kartierung von DECOPPET (1920) ist ein starker Rückgang des ostschweizerischen Urner Fluggebietes festzustellen. Am thurgauischen Bodenseeufer verdrängte in den 1950er Jahren vorübergehend der Berner Flug den Urner Flug und im Haslital hat in jüngerer Zeit ein Wechsel vom Berner zum Basler Flug stattgefunden (KELLER, unpubl.). Als Ursachen solcher Fluggebiets-Veränderungen kommen unter anderem klimatische Einwirkungen in Frage. So konnte beobachtet werden, dass bei günstigen Bedingungen der Maikäfer seine Entwicklung in zwei Jahren durchlaufen kann (KELLER, 1993).

Trotz Verschiebungen von Flugarealen wird in der Literatur auch über Regionen mit persistenten Maikäferzyklen berichtet. So konnte FABER (1961) den Berner Zyklus in Niederösterreich für 6 Jahrzehnte nachweisen. RICHTER (1966) berichtet von periodentreuen Fluggebieten in Ostdeutschland, die sich bis ins letzte Jahrhundert zurückverfolgen lassen. In der Schweiz sind konstante Maikäferzyklen, insbesondere für die Kantone Bern und Uri, bis zum Ende des 17. Jahrhunderts schriftlich dokumentiert (HEER, 1841). Die dendrochronologische Auswertung spricht nun dafür, dass stabile Flugareale vom 13. bis zum 20. Jahrhundert nachweisbar sind. Dies gilt insbesondere für den Berner Zyklus im überwiegenden Teil des schweizerischen Mittellandes und vermutlich auch für den Basler Flug im gleichnamigen Kanton (Abb. 2+3).

*Dendrochronologischer Nachweis zur Herkunft von Bauholz*

Die Fluggebietskartierungen von SCHNEIDER-ORELLI (1949) und DECOPPET (1920) weisen Basel und seinem Umland den gleichnamigen Flug zu (Abb. 1). Dieser Zyklus ist für Basel seit 1755 schriftlich bezeugt (HEER, 1841). Aufgrund der dendrochronologischen Analyse lässt sich dieser Zeitraum bis in das 12. Jahrhundert hinein verlängern (Abb. 4). Im Widerspruch dazu stehen die grösseren Anteile an Bauhölzern in Basel und Riehen mit einer Berner Flugperiode. Es ist anzunehmen, dass jener Anteil nicht aus den Wäldern der unmittelbaren Umgebung stammt, da dort der Basler Flug vorherrschte (Abb. 5), sondern von ausserhalb herantransportiert worden war (Abb. 2, 3+5). Für die historische Holzversorgung der Stadt Basel diente der Holzverkehr auf dem Rhein, der Birs und der Wiese, wobei der Rhein als wichtigste Floss-Strasse das ganze Schweizer Mittelland erschloss (GROSSMANN, 1972).

Inskünftig dürfte mit der Rekonstruktion der Fluggebiete der Anteil des importierten Holzes am gesamten Bauvolumen einer mittelalterlichen Siedlung abgeschätzt werden. Dies bedingt jedoch einen weitaus grösseren Datenumfang.

VERDANKUNG

Die Autoren danken folgenden Personen und Institutionen für das zur Verfügung gestellte Datenmaterial: H. EGGER (Dendrolabor H. & K. Egger, Boll); Dr. U. RUOFF, F. WALDER (Stadtarchäologie Zürich), R. KONTIC (Dendron, Basel), P. GASSMANN (Museé cantonal d'archéologie de Neuchâtel), W. TEGEL (Holzlabor Singen) und Dr. A. BILLAMBOZ (Landesdenkmalamt Hemmenhofen). Dr. U. WEBER (Basel), Prof. Dr. F. H. SCHWEINGRUBER (WSL) und Ph. O. WALDNER (WSL) sei für die kritischen Anmerkungen zum Manuskript gedankt.

ZUSAMMENFASSUNG

Auf den dreijährigen Maikäferzyklus wurden 1319 historische Jahrringserien der Eiche (*Quercus* sp.) aus der Schweiz getestet. Die Zuordnung einer Jahrringbreitenkurve zu einem bestimmten Flugjahr (Basler-, Berner- oder Urner Flugjahr) wurde aufgrund einer statistisch signifikanten Gleichläufigkeit mit einer künstlichen Maikäferfrasskurve bestimmt. Jede sechste Eichenprobe ist potentiell vom Maikäferzyklus beeinflusst.

Für das 13. und 17. Jahrhundert wurden die den Maikäferzyklen zugeordneten Eichenhölzer gemäss ihrer statistischen Vertrauensgrenze und Flugjahr exemplarisch kartiert. Im Vergleich mit den Fluggebietserhebungen der letzten 150 Jahre, die aufgrund von Maikäfersammlungen und Frassschäden an Bäumen zustande kamen, ergaben sich keine grossräumigen Veränderungen der Flugareale. Das Berner Flugjahr dürfte im Schweizer Mittelland seit mindestens 800 Jahren dominieren. Die geographische Verbreitung von Flugzyklen scheint für einige Regionen bis hinein ins Mittelalter stabil gewesen zu sein.

Die Möglichkeit importiertes Bauholz dendrochronologisch nachzuweisen, wird am Beispiel von Basel aufgezeigt.

LITERATUR

ALLENSPACH, V. 1973. Die Maikäfer *Melolontha vulgaris* F. und *hippocastani* F. in den Gebieten der Schweiz mit vierjährigem Entwicklungszyklus und Flugrhythmus. *Mitt. Schweiz. Ent. Ges. 46*: 313–318.

BALTENSWEILER, W., RUBLI, D. & ULRICH, M. 1986. Maikäferflugjahre in der Schweiz. *Grüne 114*: 13–20.

BRÄNDLI, U. 1996. Die häufigsten Waldbäume der Schweiz. Ergebnisse aus dem Landesforstinventar 1983–85: Verbreitung, Standort und Häufigkeit von 30 Baumarten. *Ber. Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch. 342*: 1–278.

BRENNER, H. & KELLER, S. 1996. Protection of orchards from white grubs (*Melolontha melolontha* L.) by placement of nets. *In*: Integrated Control of Soil Pest. *IOBC/WPRS Bull. 19*: 79–82.

CHRISTENSEN, K. 1987. Tree rings and insects: the influence of cockchafer on the development of growth rings in oak trees. *In*: WARD, R.G.W. (ed.), *Applications of tree-ring studies*, pp. 142–154. BAR 333, Oxford.

DECOPPET, M. 1920. *Le hanneton*. Biologie, apparition, déstruction, un siècle de lutte organisée dans le canton de Zurich, expérience récente. Payot, Lausanne, Genève, 131 pp.
ECKSTEIN, D. & BAUCH, J. 1969. Beitrag zur Rationalisierung eines dendrochronologischen Verfahrens und zur Analyse seiner Aussagesicherheit. *Forstwiss. Cent.bl. 88*: 230–250.
EGGER, H. & EGGER-SPIDLEN, K. 1988. Dendrochronologischer Nachweis zur Herkunft von Bauholz. *Dendrochronologia 6*: 91–98.
FABER, W. 1961. Die neue Karte der Maikäferflugjahre in Österreich – Grundlage für eine zuverlässige Engerlingsprognose. *Pflanzenarzt 14*: 41–42.
FISCHER, H. 1919. Die Flugjahre der Maikäfer im Kanton Aargau. *Zofinger Tagblatt*: 3–11.
GROSSMANN, H. 1972. Flösserei und Holzhandel aus den Schweizer Bergen bis zum Ende des 19. Jahrhundert. *Mitt. Antiquar. Ges. Zürich 46*: 1–96.
HEER, O. 1841. Über geographische Verbreitung und periodisches Auftreten der Maikäfer. *Landw. Abhandl.* pp. 3–33.
HUBER, F. 1982. Effet de défoliations des chênes par les hannetons sur la structure du bois. *Biologie et Forêt 34*: 185–189.
JÜTTNER, O. 1959. Ertragskundliche Untersuchungen in wicklergeschädigten Eichenbeständen. *Forstarchiv 30*: 78–83.
KELLER, S. 1986a. Maikäferbekämpfung. Historischer Rückblick. *In*: Neuere Erkenntnisse über den Maikäfer. *Beiheft Mitt. Thurg. Naturforsch. Ges.* pp. 61–62.
KELLER, S. 1986b. Biologie. *In*: Neuere Erkenntnisse über den Maikäfer. *Beiheft Mitt. Thurg. Naturforsch. Ges.* pp. 12–24.
KELLER, S. 1986c. Populationsdynamik. *In*: Neuere Erkenntnisse über den Maikäfer. *Beiheft Mitt. Thurg. Naturforsch. Ges.* pp. 25–40.
KELLER, S. 1993. Gibt es eine zweijährige Entwicklung beim Feldmaikäfer *Melolontha melolontha* L.? *Mitt. Schweiz. Ent. Ges. 66*: 243–246.
RICHTER, G. 1966. Prognose zum Massenwechsel des Maikäfers. *Arch. PflSchutz 2*: 195–216.
SCHNEIDER, F. 1952. Untersuchungen über die optische Orientierung der Maikäfer (*Melolontha vulgaris* F. und *M. hippocastani* F.). *Mitt. Schweiz. Ent. Ges. 25*: 269–340.
SCHNEIDER, P. 1980. Versuche zum Frassverhalten und zur Frassmenge des Maikäfers, *Melolontha melolontha* L. *Z. Angew. Entomol. 90*: 146–161.
SCHNEIDER-ORELLI, O. 1949. Die Maikäferflugjahre in der Schweiz nach dem Stande der Untersuchungen von 1948. *Schweiz. Zeitschr. Obst- und Weinbau 58*: 105–109.
SCHÜTTE, F. 1976. Begründung von Untersuchungen zur Populationsdynamik der Maikäfer (*Melolontha melolontha* L. und *M. hippocastani* F.). *Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz 83*: 146–158.
SCHWEINGRUBER, F.H. 1978. *Mikroskopische Holzanatomie*. Eidgenöss. Anst. forstl. Vers.wes., Birmensdorf, 226 pp.
SCHWEINGRUBER, F.H. 1983. *Der Jahrring. Standort, Methodik, Zeit und Klima in der Dendrochronologie*. Paul Haupt, Bern, Stuttgart. 234 pp.
SCHWEINGRUBER, F.H. 1996. *Tree rings and environment dendroecology*. Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch. & Paul Haupt, Berne, Stuttgart, Vienna. 609 pp.
SWETNAM, T.W. & LYNCH, A.M. 1989. A tree-ring reconstruction of western spruce budworm history in the southern Rocky Mountains. *Forest Science 35*: 962–986.
TOBLER, G. 1893. Tierprozesse in der Schweiz. *Sonntagsblatt des Bund. 18–20*: 10 pp.
VARLEY, G.C. 1978. The effects of insect defoliation on the growth of oaks in England. *In*: FLETCHER, J. (ed.), *Dendrochronology in Europe*, pp. 179–184. BAR 51, Oxford.
VARLEY, G.C. & GRADWELL, G.R. 1962. The effect of partial defoliation by caterpillars on the timber production of oak trees in England. *Proc. XI. Int. Kongr. Ent. Wien 1960*: 211–214.
WEBER, U.M. 1995. *Jahrringe als Ausdruck von Insektengradationen in den schweizerischen Zentralalpen und der Front Range, Colorado*. Diss. Univ. Basel, 83 pp.
WELLENHOFER, M. 1948. *Untersuchungen über die Ursache der Eichenjahrringbreitenschwankungen und Aufstellung einer langjährigen Spessarteichen-Jahrringchronologie*. Diss. Ludwig-Maximilian-Univ. München, 119 pp., unveröffentlicht.
WELTEN, M. & SUTTER, R. 1982. *Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen der Schweiz*. Band 1, Birkhäuser, 716 pp.

(erhalten am 12. Januar 1998; angenommen am 30. Januar 1998)