

Eine tragfähige Datenbrücke – Phänologische Beobachtungen im Amtsblatt des Kantons Schaffhausen 1876–1950

Oliver Wetter und Christian Pfister

The international standardisation of national meteorological networks in the late nineteenth century excluded biotic and abiotic observations from the objects to be henceforth published in the yearbooks. Skilled amateurs being in charge of three meteorological stations in Canton Schaffhausen (Switzerland) and their successors managed to continuously publish phenological observations gathered in the station environment alongside with meteorological data in the official gazette of this Canton from 1876 to 1950, i.e. up to the onset of phenological network observations in Switzerland. At least ten observations are available for 51 plant and animal phenological phases. Long series were assembled ($N = 30$) for 14 plant phenological observations, among them for the first flowering of snowdrop (*Galanthus nivalis*), of hazel (*Corylus avellana*), of horse chestnut (*Aesculus hippocastanum*), of winter rye (*Secale cereale*) and of grape vine (*Vitis vinifera*) as well as the beginning of hay, winter rye and grape harvesting. Only the bare data were published without any metadata. The quality of 10 long series ($N = 60$) was checked by investigating the biographical and biological background of key observers and submitting their evidence to graphical (meteorological plausibility check of outliers) and statistical verification. The long term observers, mostly schoolteachers and high school professors, had a good knowledge of botany and the quality of their observations – disregarding obvious printing errors – is surprisingly good. A number of long series (seven) was completed with applicable data from the Swiss Phenological Network up to 2011. Besides anthropogenic shifts (beginning of hay and grape harvest) there is a contrast between a global warming-related earlier flowering of snowdrop and hazel and a later occurrence of grape vine flowering.

Keywords: phenology, historical climatology, climatology, Switzerland

Adresse der Autoren:

Dr. Oliver Wetter
Wirtschafts-, Sozial- und Umweltgeschichte & Oeschger Centre for Climate Change Research,
Universität Bern
Erlachstrasse 9a
3012 Bern/Schweiz
oliver.wetter@hist.unibe.ch

Prof. em. Dr. Christian Pfister
Oeschger Centre for Climate Change Research, Universität Bern
Zähringerstrasse 25
3012 Bern/Schweiz
Christian.pfister@hist.unibe.ch

Angenommen: 3. Februar 2014

DOI

<https://doi.org/10.12685/bauhinia.1642>

Einleitung «Schaffhauser Beobachter schaffen Kontinuität»

Hinweise auf den Stand der Vegetation gehören seit dem Mittelalter zur Tradition der Witterungschronistik. Vor Beginn der instrumentellen Wetter- und Klimaaufzeichnungen dienten sie der vergleichenden und objektivierenden Dokumentation von (klimatischen) Extremereignissen. In der Aufklärung gingen manche Chronisten zur regelmässigen Beobachtung von Entwicklungserscheinungen an Pflanzen über (RUTISHAUSER, JEANNERET 2009). Mit dem Aufkommen der systematischen meteorologischen Instrumentenmessungen in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts schwand das Interesse an visuellen Beobachtungen. Aufgrund des Beschlusses der Internationalen Meteorologischen Organisation von 1873 in Wien, die instrumentellen meteorologischen Messungen zu normieren und international vergleichbar zu machen, wurde das Wetter fortan nur noch numerisch erfasst und publiziert. Unter dieser damals eingeleiteten Entwicklung «leiden» (Historische) Klimatologen noch heute, da die jahrhundertelangen phänologischen Aufzeichnungen ausgerechnet zu Beginn der instrumentellen

Messperiode unterbrochen wurden, was eine Kalibrierung dieser klima- (hauptsächlich temperatur-)sensitiven Informationen mit standardisierten Messwerten in vielen Fällen verunmöglicht. Denn, während die Phänologie die biologischen Prozesse (abhängige Variable) in ihrer Bedingtheit durch Klimaelemente (unabhängige Variable) zu erfassen sucht, verwendet die Historische Klimatologie beobachtete phänologische Daten als Temperaturindikatoren (unabhängige Variable) zur Schätzung vorinstrumenteller Temperaturverhältnisse als abhängige Variable (PFISTER 1984). Die «Schaffhauser phänologischen Beobachtungen» sind deshalb eine wahre Trouvaille, überbrücken sie doch nahezu die gesamte Datenlücke zwischen 1873 bis zur Schaffung des Schweizerischen Phänologischen Netzes durch das Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie (Meteo-Schweiz) im Jahre 1951. Die Publikation verfolgt das Ziel, die Qualität dieser für diese Periode einzigartigen phänologischen Beobachtungsreihen zu überprüfen und die Beobachtungen in ihrer Gesamtheit der Öffentlichkeit für weitere (klimatologische) Auswertungen zugänglich zu machen.

Daten und Methoden

Im «Amtsblatt des Kantons Schaffhausen» wurde zwischen 1876 und 1950 anschliessend an eine tabellarische Übersicht der Durchschnittswerte von Temperatur, Luftdruck und Bewölkungsgrad, den vorherrschenden Windrichtungen sowie der Niederschlagssumme jeweils eine Rubrik mit dem Titel «Periodische Erscheinungen» publiziert, in der phänologische Beobachtungen des betreffenden Monates Aufnahme fanden. Regelmässig beobachtet wurde die «erste Blüte» bei Hasel (*Corylus avellana*), Schneeglöckchen (*Galanthus nivalis*), Winter-Roggen (*Secale cereale*), Reben (*Vitis vinifera*) und Sommer-Weizen (*Triticum aestivum*). Bei der Rosskastanie (*Aesculus hippocastanum*) wurde sowohl die erste Blüte als auch der Beginn der Blattentfaltung beobachtet. Der Erntebeginn wurde bei Heu, Wintergerste (*Hordeum vulgare*), Winter-Roggen (*Secale cereale*), Weizen (*Triticum aestivum*) und Dinkel (*Triticum spelta*) festgestellt. Die Phase «Verfärbung der Trauben» (*Vitis vinifera*) wurde bei zwei Rebsorten beobachtet, dem ‹Blauburgunder› (Pinot Noir) und der Sorte ‹Äugstler›. Beim ‹Äugstler› handelt es sich um eine frühe Spielart des Blauburgunders, die in der Regio Basiliensis, in Südwestdeutschland, dem Elsass (WUNDERLIN 1986), und offenbar auch in Hallau, und zwar bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts heimisch war. Die Phänophasen der oben angeführten Kulturpflanzen wurden auch von Beobachtern der vorinstrumentellen Periode aufgezeichnet, weshalb die entsprechenden «Schaffhauser Reihen» klimageschichtlich besonders wertvoll sind. Marcel Rothen hat im Rahmen seiner Bachelorarbeit das gesamte Schaffhauser Datenmaterial elektronisch erfasst und statistisch beschrieben (ROTHEN 2009). Für 51 pflanzen- und

tierphänologische Phasen liegen mindestens zehn Beobachtungsjahre vor (WETTER & PFISTER 2014). Die «periodischen Erscheinungen», wie die phänologischen Phasen damals hießen, wurden von den Beobachtern von drei meteorologischen Stationen des Schweizer Messnetzes erhoben, nämlich jener am Höhenweg in Schaffhausen (451 m ü.M.), jener in Lohn (640 m ü.M.), sowie von 1886 an jener in (Unter-)Hallau (450 m ü.M.). In seiner Wirkungszeit nahm die Bandbreite der «Schaffhauser Beobachtungen» ab, und diese konzentrierten sich immer stärker auf Hallau, so dass es angebracht ist, fortan von den «Hallauer Reihen» zu sprechen. Trotz der räumlichen Heterogenität des Datenmaterials konnte ROTHEN (2009) aus den Schaffhauser Beobachtungen 14 lange Reihen bilden. Lücken in den längsten Beobachtungsreihen ergänzte er mit den Abweichungen vom arithmetischen Mittel kürzerer bzw. stärker fragmentierter benachbarter Beobachtungsreihen, gemäss folgender Interpolierformel auf die Reihe «Hallau»:

$$\mathbf{d} = \mathbf{c} \pm \Delta \mathbf{a}, \mathbf{b}$$

$\mathbf{a} = \emptyset$ Phäno-Reihe X

$\mathbf{b} = \emptyset$ Phäno-Reihe «Hallau»

$\mathbf{c} =$ Beobachtungsdatum von Reihe X

$\mathbf{d} =$ interpolierter Wert zur Reihe «Hallau»

Um lange phänologische Beobachtungsreihen zu erstellen, wurden vor 1876 zurückreichende, bzw. bis 1950 heranreichende Beobachtungen mit Werten aus geographisch nahe liegenden Schweizer HPDB (Historic Phenological Database) Beobachtungsreihen des Deutschen Wetterdienstes DWD (DWD 1991) nach der Interpolermethode von ROTHEN (2009) ergänzt. Die Reihe Hasel wurde mit einem Wert der HPDB Reihe «Bern» (1870) und fünf Werten der HPDB Reihe «Biel» (1930/31 und 1935–39) interpoliert. Die Reihe Schneeglöckchen wurde mit sieben Beobachtungen der Reihe «Bern» (1869–1872 und 1874–1876), sowie je einer Beobachtung aus Morges (1884) und Zürich (1938) vervollständigt. Die Reihe Rosskastanie wurde wiederum mit der Reihe «Bern» von 1869 bis 1872 und von 1873 bis 1880 zurück in die Vergangenheit verlängert. Die Jahre 1921/22 und 1927/28 der Reihe Heuernte wurden mit den Beobachtungen der Reihe «Wettingen» ergänzt. Für die restlichen Reihen waren vor 1950 keine Beobachtungen aus der HPDB Datenbank vorhanden. Sieben Reihen, nämlich die Reihe Schneeglöckchen (Blüte), Rosskastanie (Blüte), Heuernte, Rebe (Blüte), Roggen (Ernte), Weizen (Ernte) und Weinlese konnten durch entsprechende Daten aus dem Schweizer Beobachtungsnetz der MeteoSchweiz wie folgt bis zur jüngeren Gegenwart verlängert werden. Die Reihe Schneeglöckchen wurde mit den Beobachtungen der MeteoSchweiz Reihe «Rafz» von 1953 bis 1995 verlängert. Die Reihe Rosskastanie konnte durch Interpolation der Reihe «Hallau» von 1996–2011 verlängert werden. Die Reihe Heuernte wurde von 1955 bis 2011 mit den Daten aus Zürich verlängert. Die Reihe Rebenblü-

te konnte von 1979 bis 2011 mit Daten von Hallau verlängert werden. Die Reihe Roggenernte wurde einerseits mit der Reihe «Beringen» von 1951 bis 1957, sowie von 1979 bis 1995 mit der Reihe «Hallau» verlängert. Die Reihe Weizenernte konnte mit Daten von Kloten (1953/54 und 1957) und Hallau (1986–1995) verlängert werden. Die Reihe Weinlese wurde mit der Reihe «Rafz» (1952–2011) verlängert.

Über die Metadaten der Hallauer Reihen ist ausser dem Standort der jeweils zugehörigen meteorologischen Beobachtungsstation nichts bekannt. Zu bemängeln ist ausserdem, dass die «Schaffhauser Beobachtungen» nur in publizierter Form erhalten sind. Zu den Beobachtungsfehlern kommen somit mögliche Übermittlungsfehler hinzu, die sich besonders bei (Datums-) Zahlen leicht einschleichen. Da die Reihen vor 1950 singulär sind, ist eine Qualitätskontrolle mit probabilistischen Verfahren (HENSE & MÜLLER 2007) nicht möglich. Plausibilität und Homogenität werden mit den folgenden Methoden überprüft:

- a) Kenntnisstand der Beobachter: Die botanischen Kenntnisse der Beobachter werden anhand ihrer Biographie abgeschätzt.
- b) Überprüfung der Datenqualität: «Fehlerhafte Beobachtungen» bzw. Ausreisser der temperatursensitiven Phänophasen werden mit Streudiagrammen, welche die Korrelation zwischen mittleren monatlichen Temperaturdaten des Schweizer Messnetzes (BEGERT et al. 2005) und den einzelnen Phänophasen graphisch darstellen, gesucht. Ein weiteres Indiz für Ausreisser sind durch massive Abweichungen von den Standardabweichungen vom Mittelwert der verschiedenen Phänophasen zu entdecken.
- c) Meteorologische «Ausreisser»-Plausibilisierung: Ausreisser, die sich nicht mit meteorologischen (Extrem-) Bedingungen plausibilisieren lassen, werden als fehlerhaft betrachtet und aus den Beobachtungsreihen ausgeschlossen.

Resultate

Kenntnisstand und Motivation der Beobachter

Es ist bemerkenswert, dass die ersten Veröffentlichungen im Amtsblatt neben Messwerten der beiden meteorologischen Stationen Schaffhausen und Lohn «periodische Erscheinungen» einschlossen. Dabei griffen die Beobachter wahrscheinlich auf eine seit den 1840er-Jahren bestehende Tradition zurück. Der Schaffhauser Apotheker und Naturforscher Johann Conrad Laffon (1801–1882), der Autor einer «Flora des Kantons Schaffhausen» (LAFFON 1848), und spätere Gründer des naturhistorischen Museums Schaffhausen, hatte dem Botaniker Oswald Heer in den Jahren 1846–1849 meteorologische und phänologische Beobachtungen eingesandt, ebenso Pfarrer Alexander Beck in Lohn, dessen Daten der Botaniker Simon Schwendener als «sorgfältig» qualifiziert (SCHWENDENER 1856).

Beck beobachtete in der Folge bis 1862 weiter. Im Archiv von MeteoSchweiz sind die Daten unter der Bezeichnung «ältere Beobachtungen von Lohn» erhalten (Quelle: Ältere beobachtungen von Lohn). Drei der insgesamt 15 phänologischen Beobachter blieben ihrem Steckenpferd mehr als 25 Jahre lang treu: Von 1904 bis 1941 reicht die Beobachtungstätigkeit von Georg Meyer (1863–1941). Er amtete als Vorsteher der Knabenelementarschule in Schaffhausen-Emmersberg (Quelle: Mitteilungen der naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen 1941) und sass während mehrerer Amtsperioden im Grossen Rat (Quelle: KUMMER 1941). Nach 1910 erlahmte sein Beobachtungseifer. Johann Conrad Gasser (1835–1913) wuchs in Unterhallau auf und nahm 1856 eine Stelle an der dortigen Realschule an, wo er bis 1912 tätig war und unter anderem eine umfangreiche naturkundliche Sammlung zusammentrug. Von 1886 an leitete er die neu geschaffene meteorologische Station in Unterhallau, die er bis zu seinem Tode im November 1912 mustergültig betreute und während dieser Zeit die phänologischen Eintrittsphasen festhielt (Quelle: PFUND 1913). Hans Huber Rupli (1887–1972), wuchs ebenfalls in Hallau auf, wie Unterhallau nach 1934 hieß (ROTHEN 2009) und wirkte dort 46 Jahre lang als Elementarlehrer. Er ging den phänologischen Beobachtungen von 1914 bis 1950 nach (Quelle: GRÜNINGER 1972). Gasser und Huber-Rupli verfügten über hervorragende Voraussetzungen, um lange Reihen von zuverlässigen Daten zusammenzutragen: Sie sind der Gruppe der «provincial meteorological enthusiasts» (JANKOVIC 2000), der heimatverbundenen «Liebhaber», zuzurechnen, die SCHNELLE (1955) als die zuverlässigsten Beobachter bezeichnet. Als engagierte Lehrer brachten sie solide botanische und meteorologische Kenntnisse mit, und in der schulfreien Zeit konnten sie sich den nötigen Freiraum nehmen, um ihrem Steckenpferd nachzugehen. Schliesslich wurde ihnen die nötige Lebenskraft geschenkt, um die Beobachtungen während vieler Jahre ausüben zu können. Für die Jahre 1974–2001 trug Andreas Uehlinger 3000 phänologische Einzelbeobachtungen zusammen und setzte sie in Beziehung zur Witterung (UEHLINGER 2001). Wohl ohne es zu wissen, hat er damit die Beobachtungstradition von Laffon, Gasser und Huber-Rupli fortgesetzt. Alle erwähnten Langzeitbeobachter verfügten somit über ausgezeichnete fachliche und persönliche Voraussetzungen zur sorgfältigen Beobachtung von phänologischen Daten.

Überprüfung der Datenqualität

Die für die Phänologie sowie für die historische Klimatologie relevanten statistischen Grunddaten der 14 langen Hallauer pflanzenphänologischen Beobachtungsreihen sind in Tab. 1 zusammengefasst. Diese enthält die Länge der Beobachtungsperiode, die Anzahl der Beobachtungen, den langfristigen Mittelwert der Beobachtungen, die frühesten und die spätesten Beobachtungszeitpunkte sowie die Streuung der Beobachtungen um den Mittelwert (Standardabweichung). Wie im Diskussionsteil ge-

zeigt wird, eignen sich Mittelwerte sowie früheste als auch späteste Beobachtungszeitpunkte, um klimatisch oder anderweitig bedingte, zeitliche Verschiebungen von Phänophasen zu analysieren. Die Standardabweichung dient dazu, Ausreisserwerte ausfindig zu machen. Alle Werte, welche die normale Streuung um den langjährigen Mittelwert überschreiten, sind per Definition Ausreisser und müssen daher nach oben beschriebener Methode entweder plausibilisiert oder ausgeschlossen werden.

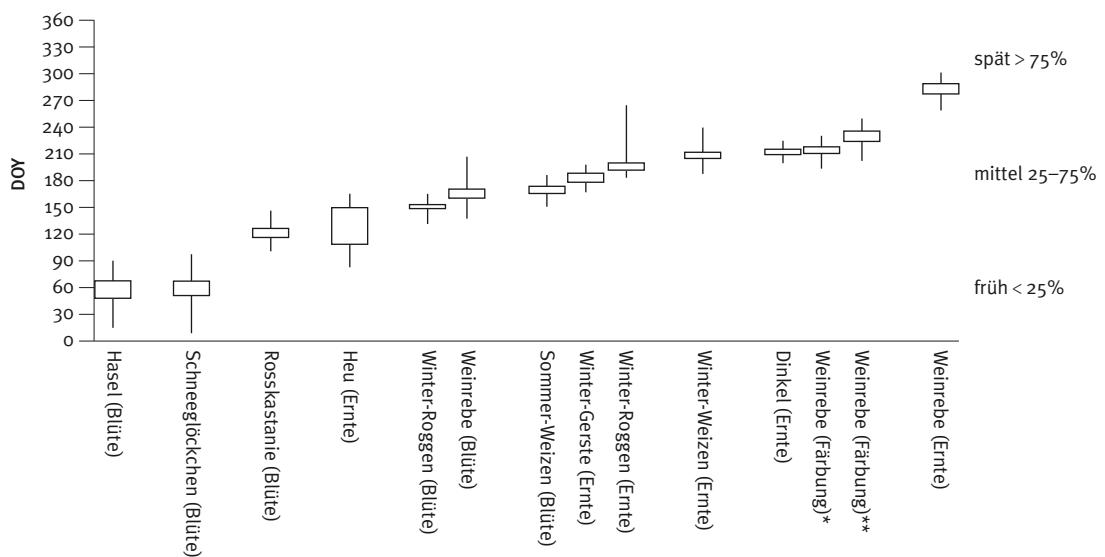
Bezogen auf die Extreme decken die phänologischen Beobachtungsreihen einen Grossteil des Jahres und praktisch die gesamte Vegetationsperiode ab (DOY 14 – 301) (DOY = Day of Year → 14.1. – 28.10.). Dieses Bild zeigt sich auch in der Abb. 1, wobei hier zusätzlich die maximalen sowie die Ausrichtung der Schwankungsbreiten (Verfrühungs- vs. Verspätungsausrichtung) der einzelnen Beobachtungsreihen abgelesen werden können (BISSOLLI et al., 2007). Bei der Roggernernte fällt eine

Tabelle 1: Statistische Grunddaten langjähriger phänologischer Beobachtungsreihen von Hallau SH. R: Reihe; N: Anzahl Beobachtungen; MW: Mittelwert; Min: Frühestes Beobachtungsdatum; Max: Spätestes Beobachtungsdatum; STABW: Standardabweichung

| R | (Kultur-)Pflanze (Phase) | Periode | N | MW | Min | Max | STABW |
|-----|--|-----------|-----|-------------|-------------|--------------|-------|
| R1 | Hasel/ <i>Corylus avellana</i> (Blüte) | 1866–1950 | 75 | 56 (25.2) | 14 (14.1.) | 89 (30.3.) | 16.8 |
| R2 | Schneeglöckchen/ <i>Galanthus nivalis</i> (Blüte) | 1869–1995 | 115 | 57 (26.2.) | 8 (8.1.) | 96 (6.4.) | 15.9 |
| R3 | Rosskastanie/ <i>Aesculus hippocastanum</i> (Blüte) | 1869–2011 | 75 | 120 (30.4.) | 98 (8.4.) | 146 (26.5.) | 8.9 |
| R4 | Heu (Ernte) | 1876–2011 | 94 | 123 (3.5.) | 81 (22.3.) | 164 (13.6.) | 23.1 |
| R5 | Winter-Roggen/ <i>Secale cereale</i> (Blüte) | 1876–1950 | 60 | 149 (29.5.) | 130 (10.5) | 164 (13.6.) | 6.6 |
| R6 | Weinrebe/ <i>Vitis vitifera</i> (Blüte) | 1864–2011 | 123 | 164 (13.6.) | 137 (17.5.) | 206 (25.7.) | 10.9 |
| R7 | Sommer-Weizen/ <i>Triticum aestivum</i> (Blüte) | 1876–1948 | 57 | 167 (16.6.) | 149 (29.5.) | 185 (4.7.) | 7.7 |
| R8 | Winter-Gerste/ <i>Hordeum vulgare</i> (Ernte) | 1891–1949 | 30 | 182 (1.7.) | 166 (15.6.) | 197 (16.7.) | 9.1 |
| R9 | Winter-Roggen/ <i>Secale cereale</i> (Ernte) | 1876–1995 | 90 | 197 (16.7.) | 182 (1.7.) | 263 (20.9.) | 13.8 |
| R10 | Winter-Weizen/ <i>Triticum aestivum</i> (Ernte) | 1876–1995 | 88 | 207 (26.7.) | 188 (7.7.) | 239 (27.8.) | 7.6 |
| R11 | Dinkel/ <i>Triticum spelta</i> (Ernte) | 1876–1915 | 35 | 210 (29.7.) | 199 (18.7.) | 223 (11.8.) | 6.6 |
| R12 | Weinrebe «Äugstler»/ <i>Vitis vinifera</i> (Färbung) | 1876–1949 | 42 | 212 (31.7.) | 193 (12.7.) | 228 (16.8.) | 7.2 |
| R13 | Weinrebe «Blauburgunder»/ <i>Vitis vinifera</i> (Färbung) | 1876–1950 | 69 | 229 (17.8.) | 201 (20.7.) | 247 (4.9.) | 9 |
| R14 | Weinrebe/ <i>Vitis vinifera</i> (Ernte) | 1876–2011 | 125 | 281 (8.10.) | 257 (14.9.) | 301 (28.10.) | 8.5 |

deutliche Verspätungsausrichtung auf. Bei der Haselblüte oder der Heuernte sind hingegen Verfrühungstrends auszumachen. Diese Trends gilt es im Folgenden zu erklären (siehe Diskussion).

Der Eintrittszeitpunkt von Frühjahrs- und Sommerphasen hängt stark von der Temperatur der vorausgehenden zwei bis drei Monate ab (MENZEL 2002). Die besten Zusammenhänge (Korrelationen) zwischen Phänophasen und Temperatur



ergeben sich daher jeweils dann, wenn die mittleren Monatstemperaturen mehrerer Monate berücksichtigt werden. Die Korrelationsmatrix I (WETTER & PFISTER 2014) zeigt die besten Korrelationen zwischen den unterschiedlichen Phänophasen an (rot markierte Felder). Die Phänophasen «erste Blüte» von Roggen und Rebe korrelieren mit $r = 0.74$ ($p = 0.001$; $N = 60$) sehr gut. Diese hohe Korrelation kann für die Rekonstruktion von Frühling-Sommer-Temperaturen von Vorteil sein, da historische phänologische Reihen häufig lückenhaft sind und mittels Interpolation gefüllt werden müssen. Des Weiteren fällt auf, dass auch die Erntereihen (Roggen, Gerste, Weizen und Dinkel) ausgezeichnet miteinander korrelieren (zwischen $r = 0.81$ – 0.87 ($p=0.001$; 0.002 ; $N = 23; 9; 35; 33$), so dass auch in diesem Fall die Möglichkeit besteht, lange und lückenarme Reihen zu erstellen. Obgenannte Möglichkeiten bietet auch die ausgezeichnete Korrelation zwischen der Verfärbung der Weintrauben und der Weinlese [$r = 0.82$ ($p=0.001$; $N = 41$)]. In der Korrelationsmatrix II (WETTER & PFISTER 2014) zeigen die rot markierten Felder die besten Korrelationen der Phänophasen mit unterschiedlichen mittleren Einzelmonatstemperaturen an. In der Korrelationsmatrix III (WETTER & PFISTER 2014) entsprechen die roten Felder den besten Korrelationen der Phänophasen mit unterschiedlichen Monatstemperaturkombinationen. Es fällt auf, dass die mittleren Temperaturen ab und inklusive August keinen Ein-

Abb. 1: Phänologischer Kalender im Raum Nord-Ost-Schweiz; zusammengestellt aus den phänologischen Beobachtungen des Schaffhauser Amtsblattes. Die Balken repräsentieren die gesamte Spannbreite der beobachteten Phänophasen (d.h. früheste und späteste Eintrittszeitpunkte). Die Rechtecke repräsentieren das 1.–3. Quartil aller Eintrittszeitpunkte der Phänophasen.

*Äugstler

**Blauburgunder

Mit «Blüte» bzw. «Ernte» sind jeweils die «erste Blüte» bzw. der «Erntebeginn» gemeint.

fluss mehr auf späte Phänophasen wie z.B. die Weinlese ausüben (WETTER & PFISTER 2013). Die meisten dieser Temperatur-Phänophasen-Korrelationen sind signifikant und ausreichend hoch, so dass die entsprechenden Phänophasen für Temperaturrekonstruktionen geeignet sind. Die besten Temperatur-Phänophasen-Korrelationen sind in Tab. 2 zusammengefasst. Die Einzelmonatkorrelationen zeigen jeweils die einflussreichsten Einzelmonatstemperaturen der Temperatur-Phänophasen-Korrelation an («schrittweise Regressionsanalyse»). Diese mittleren Einzelmonatstemperaturen üben also den wichtigsten Einfluss auf den Eintretenszeitpunkt der Phänophasen aus und gehören damit für die meteorologische Plausibilisierung der «Ausreisser» zu den wichtigsten Einzelmonatstemperaturen (Tab. 2).

Wie erwähnt muss die Qualität der Hallauer Reihen anhand einer Zeitreihenanalyse mit Temperaturreihen überprüft werden, um auf diese Weise mögliche Fehler in den heute nicht mehr im Original, sondern nur noch im Amtsblatt des Kantons

Tabelle 2: Beste Korrelationen (Pearson) zwischen Phänophasen und Einzel- sowie mittleren Monatstemperaturen

| Phänophase | FebT | MärT | AprT | MaiT | JunT | JulT | Jan-FebT | Jan-MärT | Jan-AprT | Mär-AprT | Mär-JulT | Apr-MayT | Apr-JunT | Apr-JulT |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Hasel (Blüte) | 0.64 | | | | | | | 0.69 | | | | | | |
| Schneeglöckchen (Blüte) | | 0.52 | | | | | | 0.63 | | | | | | |
| Roskastanie (Blüte) | | | 0.67 | | | | | | 0.61 | | | | | |
| Heuernte | | 0.46 | | | | | | | 0.52 | | | | | |
| Winter-Roggen (Blüte) | | | 0.58 | | | | | | | 0.71 | | | | |
| Weinrebe (Blüte) | | | 0.33 | | | | | | | 0.42 | | | | |
| Winter-Weizen (Blüte) | | | 0.48 | | | | | | | | 0.67 | | | |
| Winter-Gerste (Ernte) | | | 0.50 | | | | | | | 0.73 | | | | |
| Winter-Roggen (Ernte) | | | 0.25 | | | | | | | | 0.37 | | | |
| Sommer-Weizen (Ernte) | | | | 0.33 | | | | | | | 0.45 | | | |
| Dinkel (Ernte) | | | | 0.73 | | | | | | | 0.82 | | | |
| Weinrebe ‹Äugstler› (Färbung) | | | 0.65 | | | | | | | | 0.86 | | | |
| Weinrebe ‹Blauburgunder› (Färbung) | | | 0.45 | | | | | | | | 0.65 | | | |
| Weinrebe (Ernte) | | | 0.36 | | | | | | | | 0.67 | | | |

Schaffhausen greifbaren Daten aufspüren zu können. Es fällt auf, dass einzelne Temperatur-Phänphasen-Korrelationen, wie z.B. jene mit der Roggenernte, enttäuschend schwach sind (Abb. 2). Zwar erweist sich auch bei der Beobachtungsreihe aus den Schaffhauser Amtsblättern die Monatstemperaturkombination April–Juli als die Beste, was mit den Ergebnissen von WETTER & PFISTER (2011) übereinstimmt, doch die Korrelation ist im Vergleich zur erwähnten Arbeit deutlich zu tief. Es ist anzunehmen, dass einzelne (Druckfehler-) bedingte «Ausreisser» mit für die geringe Korrelation ($R^2 < 0.4$) verantwortlich sind. Neben einfachen Abschreibe-, bzw. Druckfehlern können allerdings auch systematische Fehler auftreten. So ist insbesondere bei den durch menschliche Entscheidungen beeinflussten Phasen, wie beispielsweise bei der Ernte, zu berücksichtigen, dass es hier zu Änderungen in der landwirtschaftlichen Praxis kommen kann (MENZEL et al. 2006). WETTER & PFISTER (2011) stellten beispielsweise fest, dass die Roggenerntedaten seit dem Einsatz der Erntemaschinen (Mähdrescher) ab den 1970er-Jahren nicht mehr mit den Daten der traditionellen Erntemethode (Sichel- bzw. Mähbinder) vergleichbar sind. Es macht deshalb Sinn, die Beobachtungsreihen zur Analyse in unterschiedliche Perioden aufzuteilen, so dass diesen unterschiedlichen Einflüssen Rechnung getragen werden kann. Die Temperatur-Phänphasen-Streudiagrammabbildungen (Abb. 2 sowie Abb. 1–2 bei WETTER & PFISTER 2014) sind daher wie folgt aufgebaut: Zuoberst stehen jeweils die langen Reihen (Hallauer-, interpolierte HPDB- und MeteoSchweiz-Reihen). Danach werden die Reihen in Phasen vor und nach 1950 bzw. vor und nach 1970 (bei Getreideernten) unterteilt. Die Unterteilung vor bzw. nach 1950 ermöglicht eine Überprüfung der Qualität der Hallauer Reihen (die maximal bis 1950 beobachteten) im Vergleich zu den qualitativ guten Beobachtungen der MeteoSchweiz, welche ihre Beobachtungstätigkeit 1951 aufnahm. Nach Ausschluss von wenigen Ausreisern (rot markierte Ringe) verbessern sich die Temperatur-Phänphasen Korrelationen jeweils deutlich (Abb. 2 sowie Abb. 1–2 bei WETTER & PFISTER 2014). Es zeigt sich, dass die Hallauer Reihen, besonders bei den Wildpflanzen, generell gute Temperatur-Phänphasen-Korrelationen aufweisen ($R^2 \geq 0.4$), welche im Einzelfall, wie beispielsweise bei der Schneeglöckchenblüte, sogar besser als die als qualitativ gut zu bewertenden MeteoSchweiz Beobachtungen sein können (Abb. 1 bei WETTER & PFISTER 2014). Bei den Heuerntedaten sind hingegen zwei Cluster zu erkennen. Es zeigt sich, dass die Hallauer Heuernte-Beobachtungen bis 1950 schlecht mit den mittleren Januar–April-Temperaturen korrelieren, während die Beobachtungen der MeteoSchweiz diesbezüglich etwas besser (wenn auch nicht gut) abschneiden (Abb. 1 bei WETTER & PFISTER 2014) (siehe hierzu Resultate). Diese Cluster zeigen sich auch bei den Roggen- und Weizerntedaten (Abb. 2) (siehe hierzu auch Resultate). Diejenigen Hallauer Beobachtungsreihen, welche nicht durch MeteoSchweiz fortgeführt wurden, weisen allesamt gute

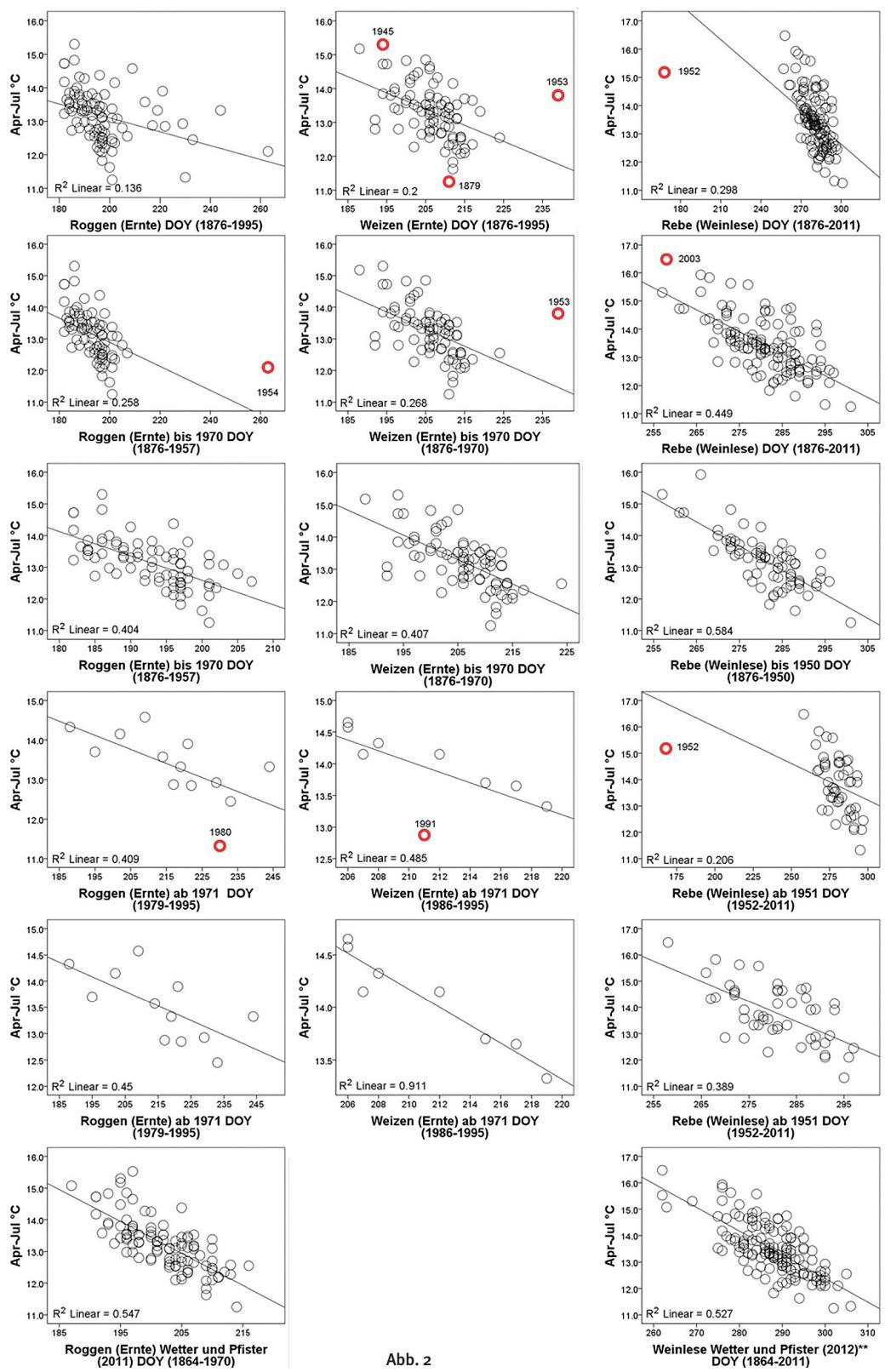


Abb. 2

Temperatur-Phänophasen Korrelationen auf, was auf eine hohe Beobachtungsqualität schliessen lässt (Abb. 2 bei WETTER & PFISTER 2014).

Meteorologische «Ausreisser»-Plausibilisierung

Aufgrund der Temperatur-Phänophasen-Streudiagramme (Abb. 2 sowie Abb. 1–2 bei WETTER & PFISTER 2014) sind Fehldatierungen oder ausserordentliche klimatische Verhältnisse für die Jahre 1871, 1874, 1877, 1879, 1895, 1919, 1931, 1938, 1945, 1947, 1952–1954, 1971, 1980, 1991, 1996, 2003, 2007 und 2011 zu vermuten. Die meteorologische Plausibilisierung anhand der detaillierten Temperaturmuster und der zugehörigen meteorologischen Beschreibungen dieser Ausreisserjahre sind bei WETTER & PFISTER (2014) einsehbar. Für die Jahre 1874, 1877 und 1879 stehen nur Angaben der Monatsmitteltemperaturen zur Verfügung, so dass bei diesen Jahren lediglich grobe Überprüfungen vorgenommen werden konnten. Mit Ausnahme der Jahre 1871, 1874, 1877, 1879 und 1952–1954 lassen sich sämtliche Ausreisser mit extremen meteorologischen Bedingungen plausibilisieren (WETTER & PFISTER 2014). Die oben aufgezählten fehlerhaften Beobachtungen werden daher von weiteren Betrachtungen ausgeschlossen. Viele der meteorologisch erklärbaren Ausreisserjahre konnten mit Dürrestress erklärt werden. So blühte beispielsweise der Roggen im Verhältnis zu den hohen mittleren Temperaturen im Jahr 1947 zu spät (Abb. 2). Dies war zu einem grossen Teil auf Wassermangel zurückzuführen, welcher gerade im Mai (dem wichtigsten Monat für die Temperatur-Phänophasen Korrelation; siehe Tab. 2) besonders akut war (Quelle: ASMZ 1947). Nach CURRLE et al. (1983) führt Wassermangel in Kombination mit hohen Temperaturen zu Vegetationsverzögerung oder sogar zu einem temporären Vegetationsstopp. Umgekehrt können im Verhältnis zu den kühlen mittleren Temperaturen zu frühe Phänophasen, wie beispielsweise die Schneeglöckchenblüte von 1971 (Abb. 1 bei WETTER & PFISTER 2014) durch Südföhnlagen erklärt werden, welche kurzfristig für sehr warme Temperaturen sorgen, die dann die Phänophase auslösen (Quelle: ASMZ 1971).

zu Seite 78:

Abb. 2: Lange und unterteilte phänologische Reihen interpoliert aus HPDB-, Schaffhauser Amtsblatt- und MeteoSchweiz-Daten; April-Juli Temperatur-Phänophasen-Korrelationen. Ausreisser sind rot gekennzeichnet.

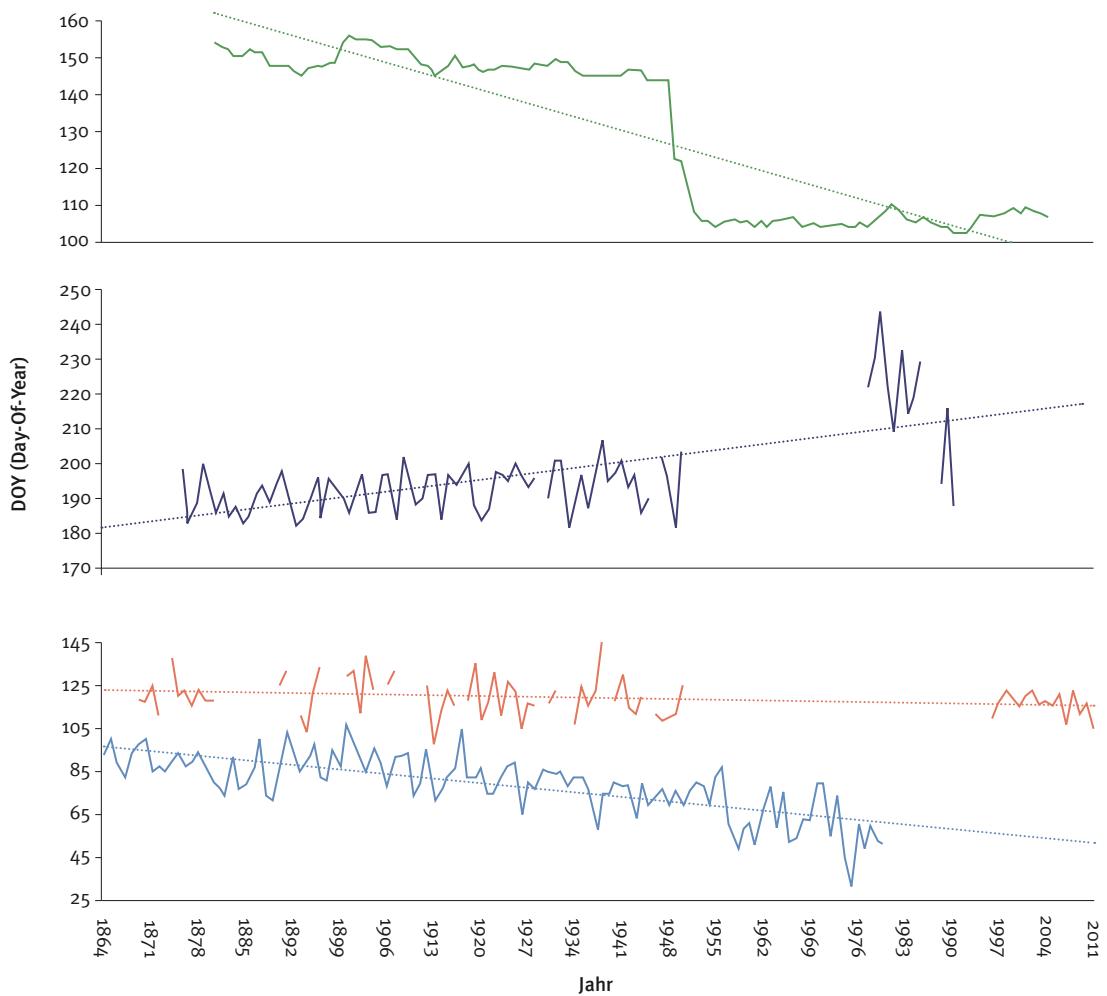
** Blauburgunder

DOY=Day-Of-Year

Diskussion

Anthropogen bedingte systematische Verschiebungen von Phänophasen

Wie im vorhergehenden Kapitel erwähnt, weisen die durch menschliche Entscheidungen beeinflussten Phänophasen wie die Heu-, Roggen- und Weizenernte deutliche mittlere Phänophasenverschiebungen auf (Abb. 2–4, sowie Abb. 1 bei WETTER & PFISTER 2014). Beim Heuerntebeginn handelt es sich um eine systematische Vorverschiebung von mehr als zwei Wochen, nämlich vom 3. Mai (DOY 123) auf den 16. April (DOY 106) ab 1951 (Abb. 3, oben).

**Abb. 3:**

Oben: Systematische Verschiebung der Heuernte ab den 1950er Jahren aufgrund landwirtschaftlicher Praxisänderung.

Mitte: Systematische Verschiebung der Erntezeit des Roggens durch den Einsatz von Mähdreschern ab den 1970er Jahren.

Unten: Systematische Verfrühung durch den Urban Heat Island Effect der Beobachtungsreihe Genf gegenüber der Beobachtungsreihe Hallau.

Rote Linie: Gemeine Rosskastanie, erste Blüte (Hallau)

Gepunktete rote Linie: Linear, Gemeine Rosskastanie, erste Blüte (Hallau)

Blaue Linie: Gemeine Rosskastanie, Beginn Blattaustrieb Genf BBCH 05

Gepunktete blaue Linie: Linear, Gemeine Rosskastanie, Beginn Blattaustrieb Genf BBCH 05

Die Roggenernte verspätete sich ab den 1970er-Jahren um 20 Tage gegenüber dem mittleren Erntebeginn vor 1970 (Abb. 3 Mitte). Beide Verschiebungen sind auf systematische Veränderungen der landwirtschaftlichen Erntepraxen zurückzuführen und somit nicht klimatisch bedingt. Massgebend für die Terminvorverlegung bei der Heuernte war nach Einschätzung von Jürg Hiltbrunner (Agroscope Reckenholz-Tänikon; persönliche Mitteilung am 23. 1. 2013) eine Änderung der Qualitätsansprüche. Bis und inklusive des 2. Weltkrieges stand für die Bauern die Sicherstellung der Futterversorgung im Vordergrund. Dies änderte sich mit der Subventionierung der Schweizerischen Milchwirtschaft ab den 1950er-Jahren. Erfolgt der Grasschnitt nämlich früher, so fällt die Erntemenge zwar geringer aus, dafür enthalten die Gräser aber noch mehr Nahrungsinhaltsstoffe, was der Milchproduktion zugute kommt. Bei der Roggenernte sorgte, wie bereits erwähnt, der Einsatz von Mähdreschmaschinen für die Verspätung des Erntebeginns. Vor der Mechanisierung der Landwirtschaft mit modernen Mähdreschern wurden die geschnittenen Getreidehalme zu Garben zusammengebunden und einige Zeit auf dem abgeernteten Feld zum Nachtrocknen belassen, bevor sie schliesslich eingesammelt und gedroschen wurden. Während dieser Zeit sank der Wassergehalt des Getreides deutlich ab und erreichte dadurch erst die Lagerfähigkeit. Heutige Mähdrescher verkürzen diesen Erntevorgang auf einen Arbeitsschritt, indem sie zugleich mähen und dreschen. Da Getreide aber erst ab einem tiefen Wassergehalt lagerfähig wird, muss die Ernte unter diesen mechanisierten Erntebedingungen zwingend auf einen späteren Zeitpunkt verschoben werden (Agroscope Reckenholz-Tänikon; persönliche Mitteilung am 23. 1. 2013). Nicht nur Veränderungen landwirtschaftlicher Praktiken, sondern auch mikroklimatische Veränderungen können zu systematischen Verschiebungen der Phänophasen einzelner Beobachtungsstandorte führen. Der hinlänglich bekannte Urban Heat Effect (Wärmeinseleffekt) (z.B. ZHANG et al. 2004) zeigt sich im Vergleich der Beobachtungsreihen Genf und Hallau deutlich (Abb. 3 unten). Während die Station Hallau keinen Trend der ersten Blüte der Gemeinen Rosskastanie aufweist, fand am Beobachtungsstandort Genf ab den 1930er-Jahren eine deutliche Verfrühung des Beginns des Blattaustriebes statt. Durch die Ausbreitung der Agglomeration geriet die ursprünglich auf freiem Feld platzierte Beobachtungsstation zusehends unter den Einfluss der Abwärme der um sie herum entstehenden Infrastruktur, was zu einer Verfrühung von rund 30 Tagen der beobachteten Phänophase bis 1980 führte, als die Beobachtungen schliesslich (vermutlich mangels Vergleichbarkeit) aufgegeben wurden (Abb. 3 unten).

Siehe Seite 83:

Abb. 4: Erste Rebenblüte (BBCH 61*) «Hallau interpoliert» vs. erste Rebenblüte WETTER & PFISTER (in Vorbereitung).

* Der BBCH Code wurde von der Biologischen Bundesanstalt, Bundesortenamt und der Chemischen Industrie entwickelt. Er teilt Makro- und Mikroentwicklungsstadien von mono- und dikotylen Pflanzen in eine Dezimal-Skala ein. BBCH 61 beschreibt den «Beginn der Blüte: 10% der Blüten geöffnet».

Abb. 5: Erwärmungstrends mittlerer Januar–Mai-Temperaturen (JFMAM)

Klimatisch bedingte Verschiebungen von Phänophasen

Bei den Wildpflanzen weisen die ersten Schneeglöckchenblüten einen Verfrühungstrend von neun Tagen auf, allerdings nur bei den frühen Extremen (10% Quantil; siehe Tab. 3). Die frühesten Blühbeginne traten nach 1950 bis zu 20 Tage früher als noch vor 1950 auf (Abb. 1 in WETTER & PFISTER 2014). Im Mittel gibt es hingegen nur einen moderaten Verfrühungstrend, was damit zusammenhängt, dass sich die späten Blühbeginne (90% Quantil, siehe Tab. 3) ab 1951 um sieben Tage verspäteten. Die ersten Blüten der Rosskastanie weisen ab 1951 einen Verfrühungstrend von acht Tagen bei den späten Extremen auf (90% Quantil, Tab. 3). Beide Phänophasen zeigen somit einen schwachen klimatisch bedingten Erwärmungstrend für die mittleren Januar–März- (Schneeglöckchen) sowie März–April-Temperaturen (Rosskastanien) an. Die ersten Rebenblüten weisen dagegen sowohl bei den frühen als auch bei den späten Blühbeginnen einen deutlichen Verspätungstrend von elf (10% Quantil, Tab. 3), bzw. zehn Tagen (90% Quantil, Tab. 3) auf. Dieser mittlere Verspätungstrend zeigt sich – allerdings sehr abgeschwächt (zwei Tage) – auch bei einer für diesen Zeitraum aus sieben verschiedenen Einzelreihen zusammengesetzten Reihe der ersten Rebenblüten (Abb. 4; WETTER & PFISTER, in Vorbereitung). Dies würde auf eine, allerdings sehr leichte, klimatisch bedingte Abkühlung der mittleren April–Mai-Temperaturen hinweisen. Bei einer Verschiebung von nur zwei Tagen wäre es aber vermessen von einem (deutlichen) Trend zu sprechen. Dennoch gilt es zu bemängeln, dass diese Daten offenbar den gemessenen Erwärmungstrend seit den 1990er-Jahren nicht adäquat wiedergeben. Die verlässlicheren Daten liefern hierfür die Schneeglöckchen- und Rosskastanienblüten, welche die tatsächlich gemessene Erwärmung korrekt widerspiegeln (vergleiche Abb. 1 bei WETTER & PFISTER 2014).

Tabelle 3: Verschiebung der Phänophasen ab 1950 im Vergleich zur gesamten Beobachtungsperiode, seit dem Beginn der regelmässigen instrumentellen Temperaturmessungen ab 1864.

10% Quantile = frühe Eintretenszeitpunkte; 90% Quantile = späte Eintretenszeitpunkte

| 10 und 90% Quantile | Schneeglöckchen | | Rosskastanie | | Heu | | Rebe | | Roggen | Weizen | Rebe |
|--------------------------------|-----------------|--|--------------|--|-------|----------|-------|-------|--------|--------|-------|
| | 1. Blüte | | 1. Blüte | | Ernte | 1. Blüte | Ernte | Ernte | | Ernte | Ernte |
| 1951–2011 10% Quantil | 30 | | 109 | | 94 | 162 | 197 | 192 | | 270 | |
| 1864–2011 10% Quantil | 39 | | 109 | | 98 | 151 | 184 | 197 | | 270 | |
| 1951–2011 90% Quantil | 82 | | 124 | | 114 | 186 | 237 | 217 | | 292 | |
| 1864–2011 90% Quantil | 75 | | 132 | | 154 | 176 | 214 | 214 | | 292 | |
| Anzahl Beobachtungen 1951–2011 | 42 | | 16 | | 57 | 38 | 17 | 21 | | 51 | |
| Anzahl Beobachtungen 1864–2011 | 115 | | 75 | | 94 | 123 | 90 | 88 | | 125 | |

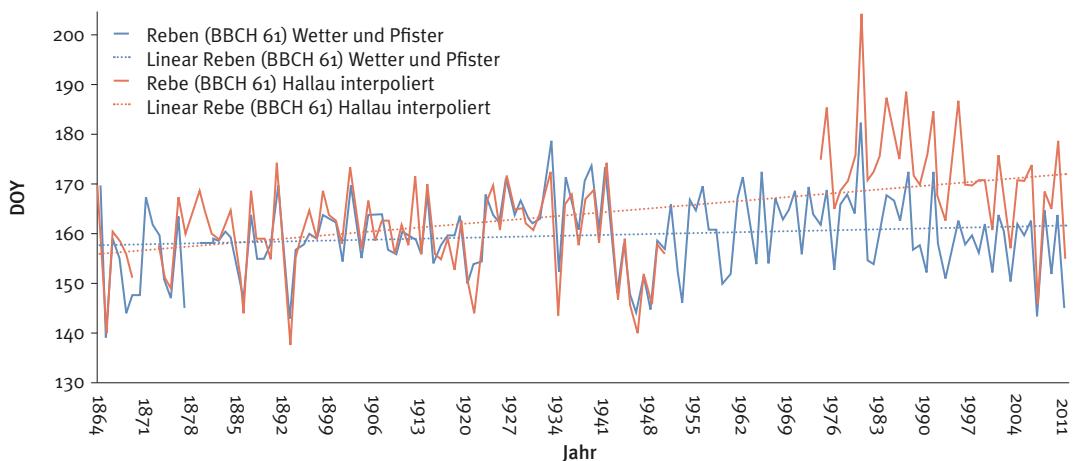


Abb. 4

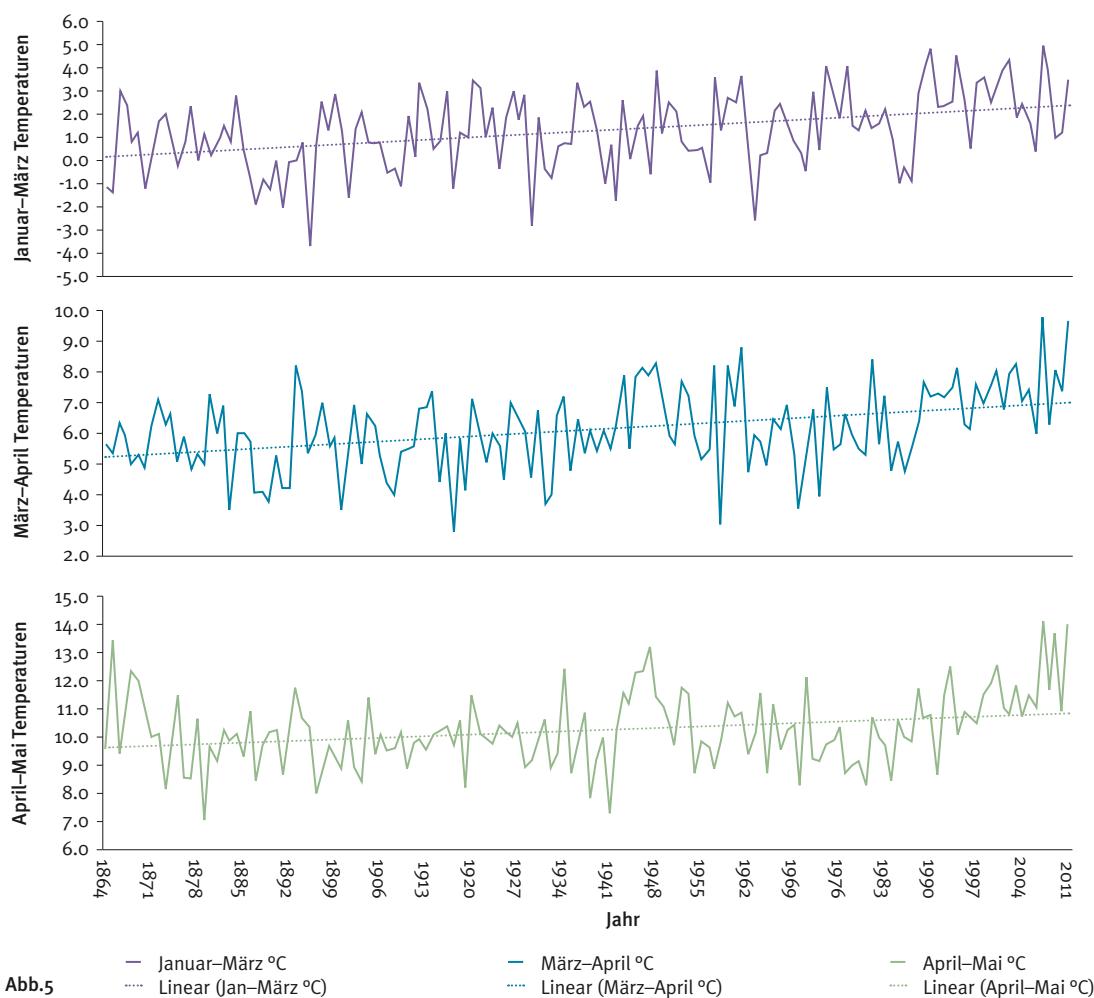


Abb. 5

Schlussfolgerung

Aufgrund der dreistufigen (Beobachter-, Beobachtungs-, meteorologische Plausibilisierung) Qualitätsüberprüfung darf den Hallauer Reihen aus den Schaffhauser Amtsblättern eine hohe Qualität und Zuverlässigkeit zugesprochen werden, so dass sie für weiterführende Forschungen verwendet werden können. Die bis anhin bestehende Lücke bei den phänologischen Beobachtungen zu Beginn der instrumentellen Messperiode in der Schweiz ist damit geschlossen worden. Dadurch können vorinstrumentelle phänologische Beobachtungen bezüglich ihrer «Abhängigkeit» gegenüber (mittleren) Monatstemperaturen überprüft und im Falle hoher und signifikanter Temperatur-Phänophasen-Korrelationen zur Rekonstruktion vorinstrumenteller Temperaturen verwendet werden. Die ersten Analysen im Rahmen dieses Artikels haben gezeigt, dass es sich sehr empfiehlt, genau zu überprüfen, ob die einzelnen Phänophasen die Temperaturtrends akkurat wiedergeben, was nun frei zugänglich für jedermann unter <http://botges.unibas.ch/bauhinia/25.htm> mit dem bekannten Kalibrierung-Verifikationsverfahren (COOK et al. 1994) durchgeführt werden kann.

Dank

Oliver Wetter und Christian Pfister werden durch das Oeschger Zentrum für Klimaforschung unterstützt. Folgende Personen und Institutionen haben uns bei der Suche nach biografischen Informationen zu den «Schaffhauser Beobachtern» unbürokratisch unterstützt: Frau Erika Seeger, Staatsarchiv Schaffhausen, Kurt Seiler und Urs Uehlinger, Naturforschende Gesellschaft des Kantons Schaffhausen, sowie Verantwortliche des Stadtarchivs Schaffhausen.

Quellen

- Ältere Beobachtungen von Lohn (SH). Manuskript im Archiv Meteo-Schweiz, Zürich
- Amtsblatt des Kantons Schaffhausen (1876–1950)
- ASMZ, Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt (1947) 85, 4–5
- ASMZ, Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt (1971) 109, 1
- GRÜNINGER F (1972) Nekrolog Hans Huber-Rupli (1887–1972). Stadtarchiv Schaffhausen D IV 00.02
- KUMMER G (1941) Nekrolog über Georg Meyer. Biographische Sammlung der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen, Stadtarchiv Schaffhausen (D I 02.521/0756)
- Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen (1947) 17, 1941, p. XXXVIII ff.)
- PFUND R (1913) Johann Conrad Gasser (1815–1913), Klettgauer Zeitung 24

Literatur

- BEGERT M, SCHLEGEL T, KIRCHHOFER W (2005) Homogeneous temperature and precipitation series of Switzerland from 1864 to 2000, *Int J Climatol* 25: 65–80
- BISSOLLI P, MÜLLER-WESTERMEIER G, POLTE-RUDOLF C (2007) Aufbereitung und Darstellung phänologischer Daten promet 33 (1/2): 14–19
- COOK E R, BRIFFA, K R, JONES, P D (1994) Spatial regression methods in dendroclimatology: A review and comparison of two techniques, *Int J Climatol* 14: 379–402
- CURRLE O, BAUER O, HOFFÄCKER W, SCHUMANN F & FRISCH W (1983) Biologie der Rebe. Aufbau Entwicklung Wachstum, Verlag Meininger, Neustadt an der Weinstraße. 301 pp
- DWD (1991) Anleitung für die Beobachter des Deutschen Wetterdienstes (BAPH). Vorschriften und Betriebsunterlagen Nr. 17 (VuB 17), Dritte Auflage, Dt Wetterdienst Verlag, Offenbach am Main. 189 pp
- HENSE A, MÜLLER M (2007) Geostatistische Modellierung und Qualitätskontrolle von phänologischen Beobachtungen. *promet* 33 (1/2): 2–6
- JANKOVIC V (2000) Reading the skies. A cultural history of English Weather, 1650–1820, Manchester University Press, Manchester. 272 pp
- LAFFON JC (1848) Flora des cantons Schaffhausen. In: Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, Basel. 32: 258–303
- MENZEL A (2002) Phenology, its importance to the Global Change Community. Editorial Comment. *Climatic Change* 54: 379–385
- MENZEL A, VOPELLIUS J V, ESTRELLA N, SCHLEIP C, DOSE V (2006) Farmers' annual activities are not tracking the speed of climate change. *Climate Research* 32: 201–207
- PFISTER C (1984) Klimageschichte der Schweiz 1525–1860. Das Klima der Schweiz von 1525–1860 und seine Bedeutung in der Geschichte von Bevölkerung und Landwirtschaft. *Academica Helvetica* 6 (1) 184 pp
- ROTHEN M (2009) Die phänologischen Beobachtungen aus dem Schaffhauser Amtsblatt von 1876–1950, eine zentrale Quelle für die historische Klimatologie der Schweiz. Eine Auswertung der pflanzenphä-
- nologischen Aufzeichnungen und ein Vergleich der Resultate mit historischen Witterungsberichten. BA-Arbeit am Historischen Institut der Universität Bern (Abteilung WSU)
- RUTISHAUSER T & JEANNERET F (2009) Phänologie im Gebirge. Über den Rhythmus der Jahreszeiten im Schweizer Alpenraum. In: Pfister C & Imboden G (Hrsg): *Klimageschichte in den Alpen. Methoden – Probleme – Ergebnisse, Blätter aus der Walliser Geschichte*, XLI. Band, herausgegeben vom Geschichtsforschenden Verein Oberwallis, Brig. pp 171–187
- SCHNELLE F (1955) *Pflanzen-Phänologie*, Akad Verlagsgesellschaft Geest und Portig, Leipzig. 299 pp
- SCHWENDENER S (1856) Die periodischen Erscheinungen der Natur insbesondere der Pflanzenwelt: nach den von der Allgemeinen Schweizerischen Gesellschaft für die gesammten Naturwissenschaften veranlassten Beobachtungen (bearbeitet von S Schwendener), Verlag Höhr, Zürich. 47 pp
- UEHLINGER A (2001) Phänologie. *Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen* 53: 53
- WETTER O & PFISTER C (2011) Spring-summer temperatures reconstructed for northern Switzerland and southwestern Germany from winter rye harvest dates, 1454–1970. *Climate of the Past* 7: 1307–1326
- WETTER O & PFISTER C (2013) An underestimated record breaking event. Why summer 1540 was likely warmer than 2003. *Climate of the Past* 9: 1–16
- WETTER O & PFISTER C (2014) Download-Materialien: <http://botges.unibas.ch/bauhinia/25.htm> (1. 7. 2014)
- WUNDERLIN D (1986) Wein in Riehen – Wein um Basel. Kulturhistorischer Streifzug durch die Weinlandschaft im Dreiländereck von Dominik Wunderlin, Schudeldruck Riehen, Riehen. 40 pp
- ZHANG X, FRIEDL MA, SCHAAF CB, STRAHLER AH & SCHNEIDER A (2004) The footprint of urban climates on vegetation phenology. *Geophysical Research Letters* 31: L12209