

Pflanzenphänologie des Engadins : Trends bei pflanzenphänologischen Zeitreihen

Autor(en): **Defila, Claudio**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubünden**

Band (Jahr): **111 (2002)**

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-594819>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Pflanzenphänologie des Engadins: Trends bei pflanzenphänologischen Zeitreihen

von Claudio Defila

Adresse:

Dr. Claudio Defila
Leiter Bio- und Umweltmeteorologie
MeteoSchweiz
8044 Zürich
claudio.defila@meteoschweiz.ch

Zusammenfassung

Das Engadiner Hochtal eignet sich vortrefflich für eine regionale phänologische Beschreibung. Aufgrund der Höhenunterschiede der Beobachtungsstationen (von 1050 m ü.M. bis 1805 m ü.M.) gibt es grosse zeitliche Differenzen bei der Vegetationsentwicklung. Die grossen Streuungen bei den phänologischen Daten und der Verlauf der Vegetationsentwicklung werden am Beispiel eines phänologischen Kalenders illustriert. Da die phänologischen Eintrittstermine von den Umweltbedingungen – insbesondere von der Witterung – beeinflusst werden, ist zu erwarten, dass eine Klimaerwärmung sich auf die Vegetationsentwicklung auswirkt. Anhand von linearen Trendanalysen von 79 phänologischen Zeitreihen wird dieser Frage nachgegangen. In dieser Arbeit kann gezeigt werden, dass die Phänologie ein guter Indikator für Umweltveränderungen ist.

Schlagerworte: Phänologie, Zeitreihen, Trendanalysen, Engadin

Summary

The Engadin valley provides ideal conditions for a regional phenological description. The altitudinal dependent differences in seasonal vegetation development can be shown due to the distribution of the observation stations along the valley's altitudinal range (from 1050 m to 1805 m a.s.l.). The large variation in phenological data and the course of plant activity are exemplified by a phenological calendar. Since phenological events are mainly driven by environmental conditions – especially weather conditions – global warming is expected to have an impact on seasonal plant activity. The linear trend analyses of 79 phenological time series presented in this study show that plant phenology is indeed a good indicator for showing the effects of climatic change.

1. Einleitung

Die Phänologie befasst sich mit den jahreszeitlich periodisch wiederkehrenden Wachstums- und Entwicklungserscheinungen der

Lebewesen. In der Pflanzenphänologie handelt es sich bei den periodisch wiederkehrenden Wachstums- und Entwicklungsercheinungen um die sogenannten phänologischen Phasen (Phänophasen) wie Blattentfaltung, Beginn der Blüte, Vollblüte, Fruchtreife, Blattverfärbung und –fall. Bei den Kulturpflanzen kommen noch Saat- und Erntetermine dazu. In der Tierphänologie werden zum Beispiel Ankunft und Abflug der Zugvögel beobachtet und notiert.

Die ältesten phänologischen Zeitreihen gehen bis aufs Jahr 812 zurück. Seit diesem Jahr wird in Japan jährlich der Zeitpunkt der Kirschenblüte erfasst. In Europa wurden im 18. und 19. Jahrhundert bereits erste phänologische Beobachtungsnetze gegründet, deren Lebensdauer leider nur kurz waren. Doch existieren in der Schweiz zwei sehr alte phänologische Zeitreihen, die bis heute weitergeführt werden. Seit 1808 wird in Genf der Blattaussbruch der Rosskastanien und in Liestal seit 1894 die Vollblüte der Kirschen beobachtet und registriert (DEFILA 2001). Nationale phänologische Beobachtungsnetze wurden in Europa erst im 20. Jahrhundert gegründet. In der Schweiz besteht ein entsprechendes Netz, das die verschiedenen Regionen und Höhenlagen der Schweiz umfasst, seit 1951. 1996 wurde das Beobachtungsprogramm leicht modifiziert. Heute werden an rund 160 Beobachtungsstationen 26 verschiedene Pflanzenarten und 69 Phänophasen beobachtet und notiert. Es handelt sich dabei vor allem um wildwachsende Pflanzen, die in der Nähe der Beobachtungsstationen vorkommen. Ein Sofortmeldeprogramm, das aus 19 ausgewählten Phänophasen besteht und von 40 Stationen durchgeführt wird, ermöglicht während der Saison aktuelle phänologische Bulletins zu erstellen. Diese werden über Internet (www.meteoschweiz.ch) verbreitet. Daneben gibt es noch Internationale Phänologische Gärten bei denen erbgleiche Pflanzen beobachtet werden. In der Schweiz existiert in Birmensdorf ein solcher Garten.



Abb. 1: Nadelaustrieb der Lärche. (Foto C. Defila)

Der Nutzen und die Anwendungen der Phänologie sind sehr vielfältig. Neben phänologischen Karten und Kalendern (DEFILA 1992) wird die Phänologie auch im Pflanzenschutz angewendet. Für eine effiziente und umweltschonende Schädlingsbekämpfung muss der Stand der Entwicklung der Wirtspflanzen und der Schaderreger bekannt sein. Auch für Frostwarnungen bei Kulturpflanzen kann die Erfassung der phänologischen Stadien nützlich sein. Je nach Stand der Vegetationsentwicklung sind die Pflanzen unterschiedlich frostresistent. Trendanalysen von phänologischen Zeitreihen sind im Zusammenhang mit einer globalen Klimaänderung heute besonders aktuell. Da die Eintrittstermine der Phänophasen vor allem im Frühling sehr stark von den Temperaturen beeinflusst werden (DEFILA 1991), müssen die Auswirkungen einer Klimaerwärmung bei den phänologischen Daten ersichtlich werden.

2. Material und Methoden

Von den rund 160 phänologischen Stationen in der Schweiz liegen die sechs folgenden Stationen im Engadin:

Martina 1050 m ü. M.	(1976 – 2000)	– Vollblüte Schwarzer Holunder (<i>Sambucus nigra</i>)
Scuol 1240 m ü.M.	(1971 – 2000)	
Sent 1440 m ü.M.	(1970 – 2000)	– Vollblüte Kirschen (<i>Prunus avium</i>)
Zuoz 1700 m ü.M.	(1970 – 2000)	– Vollblüte Birnen (<i>Pyrus communis</i>)
St. Moritz 1800 m ü.M.	(1969 – 2000)	– Vollblüte Äpfel (<i>Pyrus malus</i>)
Pontresina 1805 m ü.M.	(1970 – 2000)	– Vollblüte Rosskastanien (<i>Aesculus hippocastanum</i>)

Abgesehen von der Station Sent, die sich rund 200 m über dem Tal am Südhang befindet, sind alle Stationen im Talboden des Engadins. Die meisten Beobachtungsstationen wurden erst in den Siebzigerjahren gegründet. Somit stand für die phänologische Beschreibung des Engadins – abgesehen von einigen Ausnahmen – die Periode 1970 bis 2000 zur Verfügung. Seit einigen Jahren werden auch im Schweizerischen Nationalpark an drei Standorten phänologische Beobachtungen durchgeführt. Da aber noch zu wenige Beobachtungsjahre vorliegen, wird auf einen Vergleich mit diesen Stationen verzichtet. Da in den Höhenlagen des Engadins nicht mehr alle Pflanzen vorkommen, wurden insbesondere für die Trendanalysen nur die folgenden 29 ausgewählten Phänophasen verwendet:

- Vollblüte Hasel (*Corylus avellana*)
- Vollblüte Schneeglöckchen
(*Galantus nivalis*)
- Vollblüte Huflattich (*Tussilago farfara*)
- Vollblüte Erika (*Erica carnea*)
- Vollblüte Buschwindröschen
(*Anemone nemorosa*)
- Vollblüte Leberblümchen
(*Anemone hepatica*)
- Vollblüte Besenginster
(*Sarothamnus scoparius*)
- Vollblüte Schwarzdorn (*Prunus spinosa*)
- Vollblüte Roter Holunder
(*Sambucus racemosa*)
- Vollblüte Löwenzahn (*Taraxacum officinale*)
- Vollblüte Flieder (*Syringa vulgaris*)
- Vollblüte Margerite (*Leucanthemum vulgare*)

Für ausgewählte Spezialauswertungen wurden noch zusätzliche Phänophasen herangezogen (z.B. beim phänologischen Kalender). Die Trendanalysen der phänologischen Zeitreihen beruhen auf linearen Modellen, die mit dem F-Test ($P < 0.05$) geprüft wurden. Dazu wurde die Periode 1970 bis 1998 verwendet. Es wurden nur phänologische Zeitreihen ausgewertet bei denen nicht mehr als ein Beobachtungsjahr fehlt. So flossen 26 Zeitreihen von fünf Stationen in die Berechnung ein. Von der Station Zuoz konnten keine geeigneten Zeitreihen gefunden werden. Für die Darstellung der phänologischen Kalender der einzelnen Stationen wurde eine einfache aber aussagekräftige Statistik verwendet. Pro Station und Phänophase wurden die jährlichen Eintrittstermine aufsteigend geordnet (vom frühesten bis zum spätesten Termin) und in die fünf folgenden Klassen eingeteilt:

sehr früh	10% aller Werte
früh	15% aller Werte
normal	50% aller Werte
spät	15% aller Werte
sehr spät	10% aller Werte

Somit kann der mittlere Ablauf der phänologischen Phasen sowie die statistische Verteilung mit den Extremwerten sehr schön dargestellt werden.

3. Resultate

Das Engadin ist ein alpines Hochtal und kann als eine eigene Klimaregion der Schweiz betrachtet werden (GENSLER 1978). Die klimatischen Unterschiede innerhalb dieser Region sind auf die Höhenunterschiede (1000 m ü.M. bis 1800 m ü.M.) und auf den Einfluss des Malojawindes zurückzuführen. An Strahlungstagen weht der Malojawind bis etwa nach Zernez. Somit ist das Unterengadin milder und weniger den Winden ausgesetzt als das Oberengadin. Für regionale phänologische Betrachtungen eignet sich das Engadin vorzüglich, da aufgrund der unterschiedlichen Höhenverhältnisse mesoklimatische Unterschiede auftreten, ohne dass sich die Beobachtungsstationen in völlig verschiedenen Klimaregionen befinden.

3.1. Mittelwerte und Streuungen

Als Folge der grossen Höhenunterschiede der phänologischen Beobachtungsstationen im Engadiner Haupttal (1050 m ü.M. bis 1805 m ü.M.) sind die zeitlichen Differenzen bei der Vegetationsentwicklung beachtlich. Die Höhenabhängigkeit der mittleren Eintrittstermine von Phänophasen kann am besten mit dem Nadelaustrieb der Lärche untersucht werden, da diese phänologische Frühlingsphase bei allen Stationen beobachtet wird. Während in Martina (1050 m ü.M.) die Lärchen im Mittel bereits am 27. April ergrünen, tritt diese Phänophase in Pontresina (1805 m ü.M.) im Mittel erst am 29. Mai

auf. Dies ergibt eine Verzögerung der Vegetationsentwicklung von rund einem Monat. Der berechnete Höhengradient zwischen den zwei erwähnten Stationen beträgt 4,1 Tage pro 100 m Höhendifferenz. Da die Laubverfärbungsphasen bei den Engadiner Stationen mehrheitlich fehlen, kann für die Herbstphasen keine analoge Betrachtung durchgeführt werden.

Von Interesse sind auch die Streuungen der phänologischen Eintrittstermine. Beim Nadelaustrieb der Lärchen schwanken die Streuungen (Standardabweichungen) zwischen 7,4 Tage in Sent und 16,6 Tage in Zuoz. Die gesamte Variationsbreite der Eintrittstermine einer Phänophase kann bis zu 80 Tage betragen. Dies verdeutlicht wie schwer es ist, phänologische Daten aufgrund von objektiven Kriterien zu prüfen. Diese grossen Streuungsbereiche sind vor allem durch die unterschiedlichen Witterungsverhältnisse von einem Jahr zum anderen bedingt. Es ist zu beachten, dass die sehr frühen Phänophasen im Frühling stärker variieren als die späteren Phasen.

3.2. Pflanzenphänologische Kalender

Unter einem pflanzenphänologischen Kalender wird die grafische Darstellung des zeitlichen Ablaufs verschiedener Phänophasen an einem bestimmten Ort oder in einer Region verstanden. Eine einfache Art eines derartigen Kalenders ist die zeitliche Anordnung der Phänophasen aufgrund ihrer Mittelwerte. Oft werden auch noch zusätzlich die Streuungen angegeben. Die Darstellung der pflanzenphänologischen Kalender in der Schweiz ist etwas detaillierter (DEFILA 1992). Diese Grafiken zeigen die statistischen Verteilungen der phänologischen Eintrittstermine, den Verlauf der Vegetationsentwicklung sowie die Extremwerte (früheste und späteste Termine). Da im Engadin aufgrund der Höhenlage viele Phänophasen fehlen, sind bei den meisten Stationen die Phänokalender nicht sehr aussagekräftig. Als gutes Beispiel gilt der phänologische

Phänologischer Kalender

Station: Sent

1440 m/M (Beobachtungsdauer: 1970–2001)

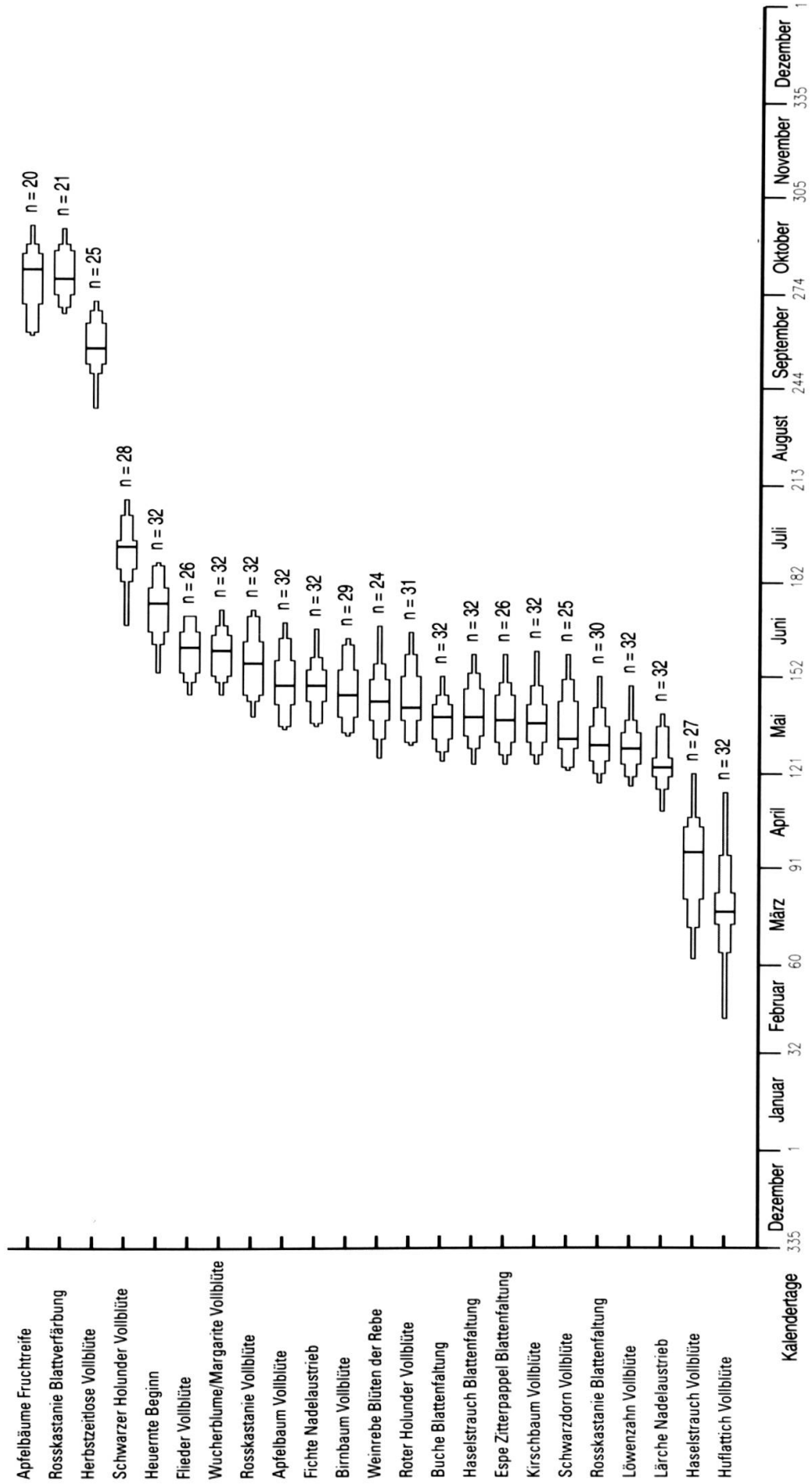


Abb. 2 : Pflanzenphänologischer Kalender der Beobachtungsstation Sent (1440 m ü.M.).

Kalender von Sent (Abb. 2). Neben den bereits erwähnten Phänophasen, die für die Trendanalysen verwendet wurden, konnten für diese Darstellung noch drei zusätzliche Phasen miteinbezogen werden. Mit «n» werden die Anzahl der vorhandenen Beobachtungsjahre bezeichnet. Augenfällig sind die grossen Streuungen bei den sehr frühen Phänophasen (Vollblüte des Huflattichs und der Hasel). Der eigentliche Frühling findet in dieser Region im Monat Mai statt.

3.3. Meteorologische Einflüsse

Die Einflussfaktoren auf eine Pflanze und damit auch auf die phänologischen Eintrittstermine sind vielfältig. Neben Bodenbedingungen, Schädlinge, Krankheiten, Alter der Pflanzen, Konkurrenz, Düngung und Erbgut sind vor allem die meteorologischen Bedingungen (Wetter, Witterung und Klima) von Bedeutung. Mittels multiplen Korrelationen wurden die meteorologischen Haupteinflussgrössen ermittelt (DEFILA 1991). Für den Zeitpunkt des Eintretens der phänologischen Frühlingsphasen spielt die Lufttemperatur eine grosse Rolle. Diese

Tatsache muss sich auch auf den mittleren Temperaturverlauf aller phänologischen frühen und späten Jahre auswirken. Aufgrund der statistischen Einteilung in phänologisch frühe, normale und späte Jahre (bezogen auf die Frühlingsphasen) konnten für das Engadin während der Periode 1971 bis 1995 fünf frühe Jahre (1976, 1981, 1990, 1993, 1994) und fünf späte Jahre (1972, 1975, 1980, 1984, 1987) gefunden werden. Für die Klimastation Scuol wurde der mittlere Temperaturverlauf aller frühen und späten Jahre berechnet (Abb. 3). Der Temperaturverlauf vom 1. März bis zum 30. Juni zeigt eindrücklich, dass bei den phänologisch frühen Jahren die Temperaturkurve fast durchwegs höher liegt als bei den späten Jahren. Dies gibt einen deutlichen Hinweis, dass eine mögliche Klimaerwärmung sich auf die phänologischen Daten auswirkt. Mittels Trendanalysen soll diese Tatsache noch erhärtet werden. Mangels genügender Anzahl von phänologischen Herbstphasen konnte eine analoge Untersuchung für den Herbst im Engadin nicht durchgeführt werden.

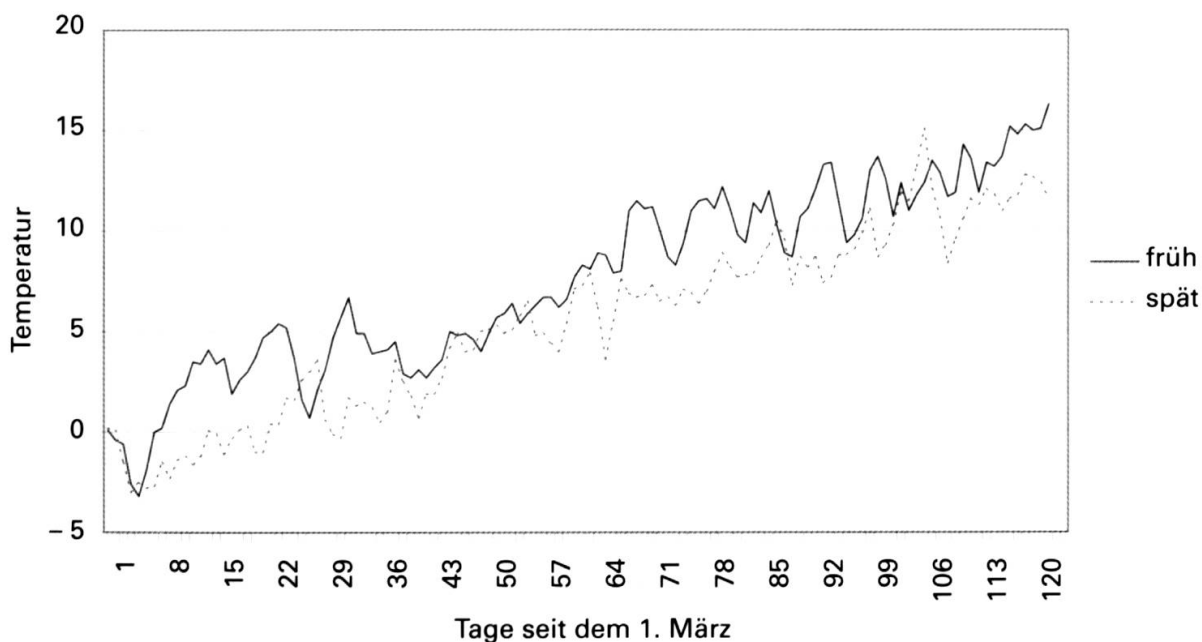


Abb.3 : Mittlerer Temperaturverlauf der Klimastation Scuol (1240 m ü.M.) für alle phänologischen frühen Jahre (früh) und späten Jahre (spät) der Periode 1970 – 1998.

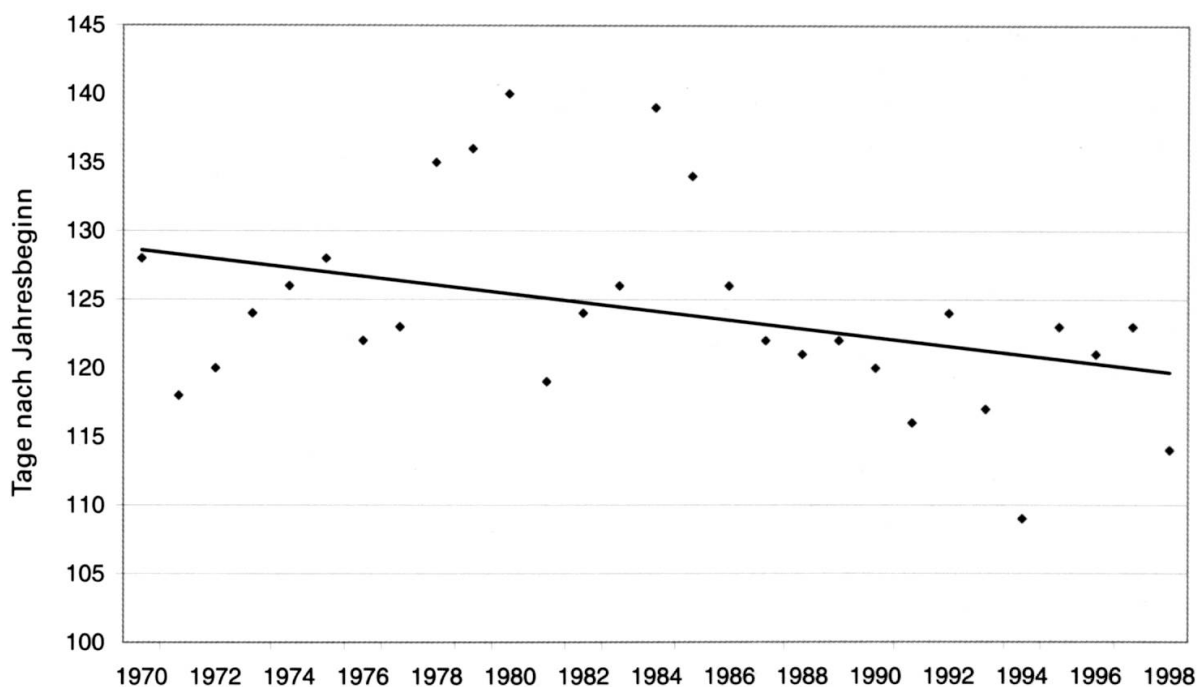


Abb. 4 : Linearer Trend des Nadelaustriebes der Lärche in Sent (1440 m ü. M.) der Periode 1970–1998.

3.4. Trendanalysen von phänologischen Zeitreihen

Von der Periode 1970 bis 1998 (Martina ab 1976) konnten insgesamt 79 phänologische Zeitreihen analysiert werden. Es wurden nur Zeitreihen untersucht, bei denen nicht mehr als ein Jahr fehlt. Diese 79 Zeitreihen verteilen sich auf 29 verschiedene Phänophasen. Werden die Phänophasen den drei phänologischen Jahreszeiten zugeordnet, dann ergeben sich 22 Frühlings-, 3 Sommer- und 4 Herbstphasen. Von den 79 Zeitreihen weisen 51 (64.6%) keinen signifikanten Trend und 28 (35.4%) einen signifikanten Trend auf (F-Test, $P < 0.05$). Bei der analogen Auswertung aller Phänodaten der Schweiz (1951–1998) wurden 30% signifikante Trends gefunden (DEFILA und CLOT 2001). Von den 28 signifikanten Trends zeigen 26 einen Trend zu früheren Eintrittsterminen und nur zwei zu späteren Terminen auf. Die zwei Ausnahmen bilden die Vollblüte des Löwenzahns in Scuol und die Vollblüte des Huflattichs in St. Moritz. Der Grund der Abweichung dieser zwei Phäno-

phasen konnte nicht eruiert werden. Werden die Phänophasen den phänologischen Jahreszeiten zugeordnet, dann fallen 62 Zeitreihen auf den Frühling. Davon weisen 27 (43.6%) einen signifikanten Trend auf. Am Beispiel des Nadelaustriebes der Lärche in Sent ist in Abb. 4 ein Beispiel einer Verfrühung dargestellt. Bei den acht Sommerphasen wurde nur eine Zeitreihe mit einem signifikanten Trend gefunden. Die Zeitreihen der neun phänologischen Herbstphasen weisen keinen signifikanten Trend auf. Wie bereits erwähnt, gibt es im Frühling nur zwei Zeitreihen mit einem Trend zur Verspätung. Aus diesen Resultaten geht hervor, dass sich die Vegetationsentwicklung im Frühling verfrüht hat. Die mittlere Verfrühung im Frühling über alle Zeitreihen hinweg beträgt 13.7 Tage. Ohne die zwei Ausreisser mit Trends zu späteren Terminen (Vollblüte Löwenzahn in Scuol und Vollblüte des Huflattichs in St. Moritz) beträgt die Verfrühung sogar 17.4 Tage. Für die ganze Schweiz wurde eine Verfrühung von 11.6 Tagen gefunden. Da allgemein die Ver-

früherung mit der Höhe über Meer zunimmt (DEFILA und CLOT 2001) ist das Resultat für das Engadin absolut plausibel. Für den phänologischen Sommer und Herbst kann keine eindeutige Aussage gemacht werden, da zu wenig Zeitreihen zur Verfügung stehen. Bei der Auswertung der Daten der gesamten Schweiz konnte bei den Sommerphasen eine starke Verfrüherung nachgewiesen werden. Im Herbst überwiegen die Trends zu späteren Eintrittsterminen ganz leicht. Da für das Engadin zu wenig Herbstphasen vorliegen, kann keine definitive Aussage über die Verlängerung der Vegetationsperiode gemacht werden. Da aber die Frühlingsphasen eindeutig früher auftreten und bei den Herbstphasen kein signifikanter Trend vorliegt, kann angenommen werden, dass die Vegetationsperiode sich im Engadin in den letzten Jahrzehnten verlängert hat. Bei den Internationalen Phänologischen Gärten (IPG) konnte für Europa eine Verlängerung der Vegetationsperiode von etwa 11 Tagen nachgewiesen werden (MENZEL 2000).

4. Schlussfolgerungen

Das Engadiner Hochtal eignet sich sehr gut für phänologische Untersuchungen. Ob schon es eine abgeschlossene Klimaregion ist, gibt es infolge der Höhenunterschiede markante Differenzen bei der Vegetationsentwicklung zu verzeichnen. Der phänologische Kalender von Sent (Abb. 2) zeigt sehr schön den Verlauf der Vegetationsentwicklung sowie die grosse Variationsbreite bei den einzelnen Phänophasen. Die grossen Streuungen der Phänodaten von einem Jahr zum anderen sind mehrheitlich auf die unterschiedlichen Witterungsverhältnisse zurück zu führen. Da die Lufttemperatur die Eintrittstermine der Phänophasen sehr stark beeinflusst, hat sich die allgemeine Klimaerwärmung auf die Phänologie ausgewirkt. Die Trendanalysen von insgesamt 79 phänologischen Zeitreihen der Periode 1970

bis 1998 haben bei 35% der Fälle einen signifikanten Trend gezeigt. Vor allem im Frühling konnte eine markante Verfrüherung der Vegetationsentwicklung von etwa 14 Tagen nachgewiesen werden. Die weitere Entwicklung muss genau beobachtet werden. Leider fehlen bei den phänologischen Stationen im Engadin grösstenteils die Herbstphasen. Doch aufgrund der Verfrüherung im Frühling kann mit einer Verlängerung der Vegetationsperiode gerechnet werden. Eine längere photosynthetisch aktive Zeit kann die Biomasseproduktion steigern. Aber auch die Zusammensetzung der Flora kann beeinflusst werden. Ein früherer Start der Vegetationsentwicklung kann die Gefahr von Spätfrostschäden erhöhen. Da auch die Schädlinge (Pilze und Insekten) bei ihrer Entwicklung und Verbreitung sehr stark auf die Temperaturen reagieren, muss mit einer verstärkten Verbreitung und mit grösseren Populationen von Schädlingen gerechnet werden. Neben den Trendanalysen von 68 Beobachtungsstationen in verschiedenen Regionen und Höhenlagen der Schweiz und insgesamt 896 Zeitreihen (DEFILA und CLOT 2001) wurde erst die Region Engadin detaillierter untersucht. In der Folge muss auch die Phänologie weiterer Klimaregionen (Jura, Mittelland, Alpennordhang, Rheinbünden, Wallis und Alpensüdseite) genauer erforscht werden. Erst dann ist eine abschliessende Beurteilung des Einflusses einer Klimaerwärmung auf die phänologischen Daten und somit auf die Vegetationsentwicklung möglich.

5. Dank

Bei dieser Gelegenheit möchten wir allen phänologischen Beobachterinnen und Beobachtern für ihren Einsatz ganz herzlich danken. Ohne ihre gewissenhaften Aufzeichnungen wäre die vorliegende Arbeit nicht möglich. Speziell geht der Dank an die Beobachter im Engadin: Thomas Dietrich von Martina, Otto Gross von Scuol, Carl Mosca von Sent, Giachem Bott von Zuoz, Jörg Dössegger von St. Moritz und Jakob Eichenberger von Pontresina.



Abb. 5: Nadelverfärbung der Lärche. (Foto C. Defila)

6. Literatur

DEFILA, C. (1991): Pflanzenphänologie der Schweiz. Diss. Uni Zürich; Veröff. d. Schweiz. Meteorologischen Anstalt, Nr. 50: 1–235.

DEFILA, C. (1992): Pflanzenphänologische Kalender ausgewählter Stationen in der Schweiz, 1951–1990. *Klimatologie der Schweiz*, Heft 30L, Beiheft zu den *Annalen der Schweiz. Meteorologischen Anstalt* (1998): 1–233.

DEFILA, C. (2001): Do phytphenological series contribute to vegetation monitoring? In *Biomonitoring: General and Applied Aspects on Regional and Global Scales*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, Boston, London: 97–105.

DEFILA, C.; CLOT, B. (2001): Phytophenological trends in Switzerland. *Int J Biometeorol* 45: 203–207.

GENSLER, G. (1978): Das Klima von Graubünden. *Arbeitsberichte der Schweiz. Meteorologischen Zentralanstalt*, Nr. 77: 1–125.

MENZEL, A. (2000): Trends in phenological phases in Europe between 1951 und 1996. *Int J Biometeorol* 44: 76–81.

