

# Agrarklimatologische und phänologische Auswertungen für das Mittlere Moseltal - Auswirkungen auf den Weinbau

von Johannes Lüers<sup>1</sup>

## Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Arbeit wurde die agrarklimatische und phänologische Situation in der zweiten Hälfte des vergangenen 20. Jahrhunderts für das Mittlere Moseltal am Beispiel der Moselregion im Umfeld der Stadt Bernkastel-Kues ausgewertet. Es konnten erhebliche klimatische und phänologische Veränderungen festgestellt und deren Auswirkungen auf den regionsprägenden Weinbau aufgezeigt werden. Für die klimatischen Auswertungen wurden die Messdaten der DWD-Klimastation in Bernkastel-Kues der Jahre 1945 bis 2000 herangezogen. Aufgrund der großen Bedeutung des Weinbaus im Mittleren Moseltal bot sich weiterhin die Untersuchung der jährlichen Variation der Eintrittstermine ausgewählter phänologischer Phasen der Weinrebe in Bernkastel-Kues an. Ausgewertet wurden die phänologischen Daten der Jahre 1967 bis 2001, erhoben auf der Versuchsfläche des Biologischen Bundesamtes für Pflanzenschutz im Weinbau in Bernkastel-Kues.

## Ergebnisse

Die Phänologie der Weinrebe in Bernkastel-Kues lässt sich wie folgt beschreiben:

Der mittlere jährliche Wachstumsverlauf beginnt Anfang/Mitte April bei einem langjährig gemittelten Tagesmittel der Lufttemperatur um 9 °C. Austrieb und Ergrünen folgen bis Mitte Mai (13.5 °C). Die Weinrebe blüht im Durchschnitt zwischen dem 21.6. und 26.6. bei einer Lufttemperatur um 17.5 °C. Mitte Juli sind die Beeren etwa erbsengroß, während die Tagesmittel der Lufttemperatur ihr mittleres jährliches Maximum erreichen (19 °C).

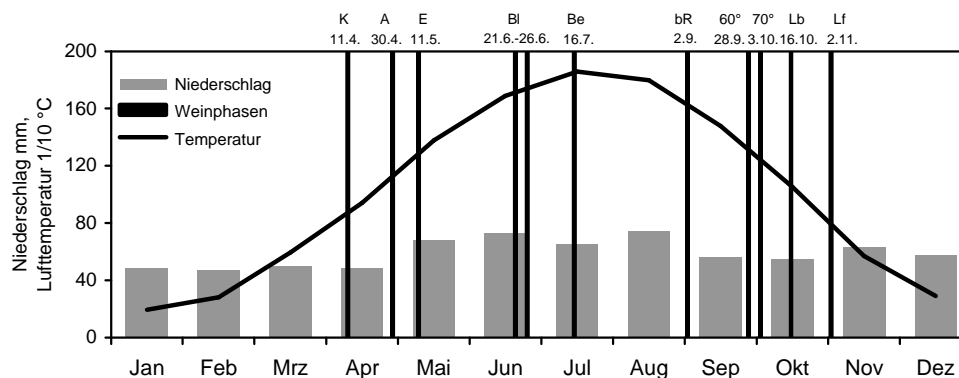


Abbildung 1: Langjährige mittlere Eintrittstermine ausgewählter phänologischer Stadien der Weinrebe (1967 bis 2000, Bezug: Normjahr, 365 Tage) und langjährige Monatswerte der Lufttemperatur und des Niederschlags (1961 bis 1990), DWD-Station Bernkastel-Kues. (K = Knospung, A = Austrieb, E = Ergrünen, Bl = Blüte; Be = Beeren erbsengroß, bR = Beginn Reife; 60° = Reifegrad 60 °Oe, 70° = Reifegrad 70 °Oe, Lb = Lesebeginn, Lf = Laubfall).

Das Beerenwachstum und die Fruchtreife dauern in der Regel bis Anfang Oktober (14 Wochen zwischen Blühende und Vollreife), wobei die Lufttemperaturen auf rund 12 °C

<sup>1</sup> Dr. Johannes Lüers, ehemals Universität Trier, Fach Klimatologie, 54290 Trier. Aktuell: Universität Bayreuth, Abt. Mikrometeorologie und BayCEER Abt. Klimatologie, 95440 Bayreuth. Email: [johannes.lueers@uni-bayreuth.de](mailto:johannes.lueers@uni-bayreuth.de)

abfallen. Die Herbsttermine Laubfärbung und Laubfall finden zwischen Mitte Oktober (10 °C) und Anfang November (7.5 °C) statt (Abbildung 1). Alle in Bernkastel beobachteten phänologischen Merkmale zeigen einen negativen Trend in ihrem Verlauf über die Jahre 1967 bis 2001. Die Trends weisen in den letzten 35 Jahren eine Vorverlagerung der Eintrittstermine zwischen - 6 Tagen und - 15 Tagen nach (Abbildung 2). Die Blühdauer verlängert sich um 2 Tage und die gesamte Beerenentwicklung bzw. Reifephase im Sommer und Frühherbst um rund 10 Tage. Die Korrelationen zwischen den phänologischen Stadien untereinander zeigen, dass vor allem der alljährlicher Verlauf der Blühtermine trotz der zeitlichen Entfernung mit dem der Fruchtentwicklung und der Reife zusammenhängt und - wenn auch schwach - die Reifetermine mit dem Lesetermin korrelieren. Weder die Reihen der Knospung und des Austriebs im Frühjahr noch Laubfärbung und Laubfall im Herbst beinhalten eine Korrelation zu den restlichen Entwicklungsstadien der Rebe.

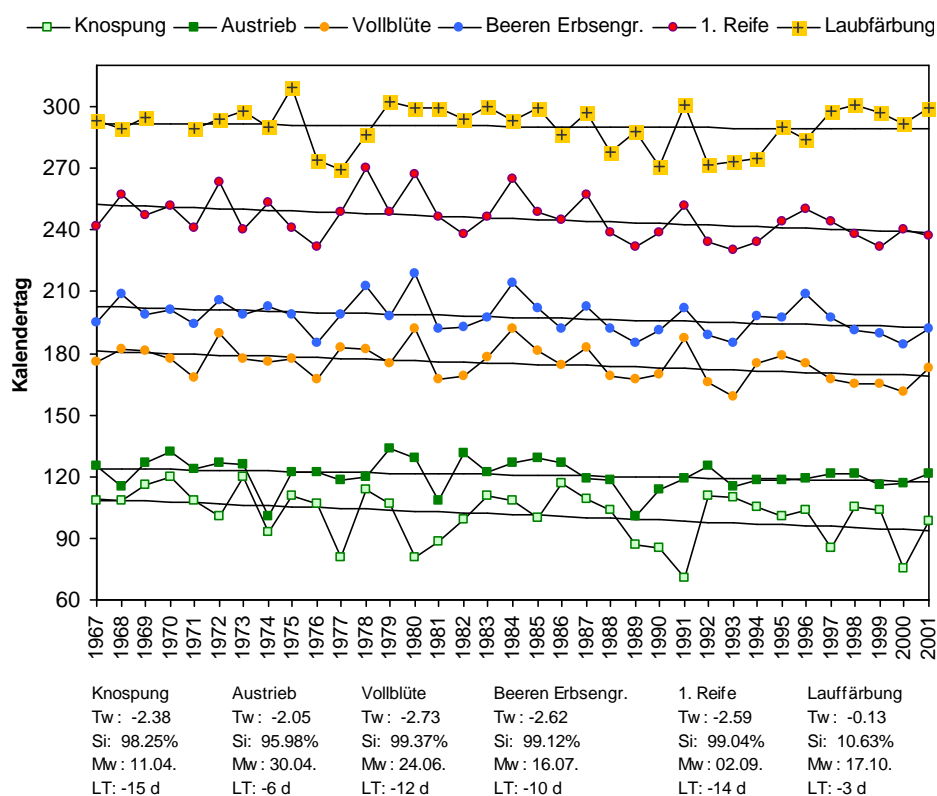


Abbildung 2: Lineare Trends der phänologischen Stadien der Rebe (Riesling), Jahre 1967 bis 2001. Versuchsfläche des Biol. Bundesamtes in Bernkastel-Kues. Tw/Si = Trendtestwert / Signifikanz (Mann-Kendall-Test); Mw = mittlerer Eintrittstermin (1-365); LT = linearer Trend in Tagen(d).

Vergleichbare Trendentwicklungen wurden auch durch Hoppmann (1988) für den Rheingau beobachtet, oder durch Nemani et. al (2001) für die kalifornischen Weinbaugebiete Napa und Sonora. Die Verschiebung der phänologischen Phasen der Rebe lassen sich auch in die in ganz Europa beobachteten phänologischen Trends zahlreiche Baum- und Straucharten einordnen (Chmielewski & Rötzer, 2000 und 2002; Defila & Clot, 2001; Menzel, 2000).

Die Auswertung der Klimaparameter und Klimaindikatoren zeigt folgendes Bild:

Der zeitliche Verlauf der Jahresmittel der Lufttemperatur berechnet aus Tagesmitteln zeigt eine Abnahme der Jahrestemperaturmittel um - 0.7 K zwischen 1945 bis 1972 und eine deutliche Zunahme um +1.1 K zwischen 1973 bis 2000. Der Gesamttrend 1945/2000 zeigt eine Er-

höhung von 0.9 K. Der Trendumkehrpunkt liegt um das Jahr 1966. Die Jahresmittel der Tages-temperaturmaxima zeigen vergleichbar einen Abwärtstrend von - 1.8 K bis 1972, einen Aufwärtstrend von 1.2 K ab 1973 bis 2000. Die Zunahme der Jahreswerte der Tagesminima in 2 m ü. G. und am Erdboden für den Gesamtzeitraum ab 1945 beträgt 1.7 K bzw. 1.5 K.

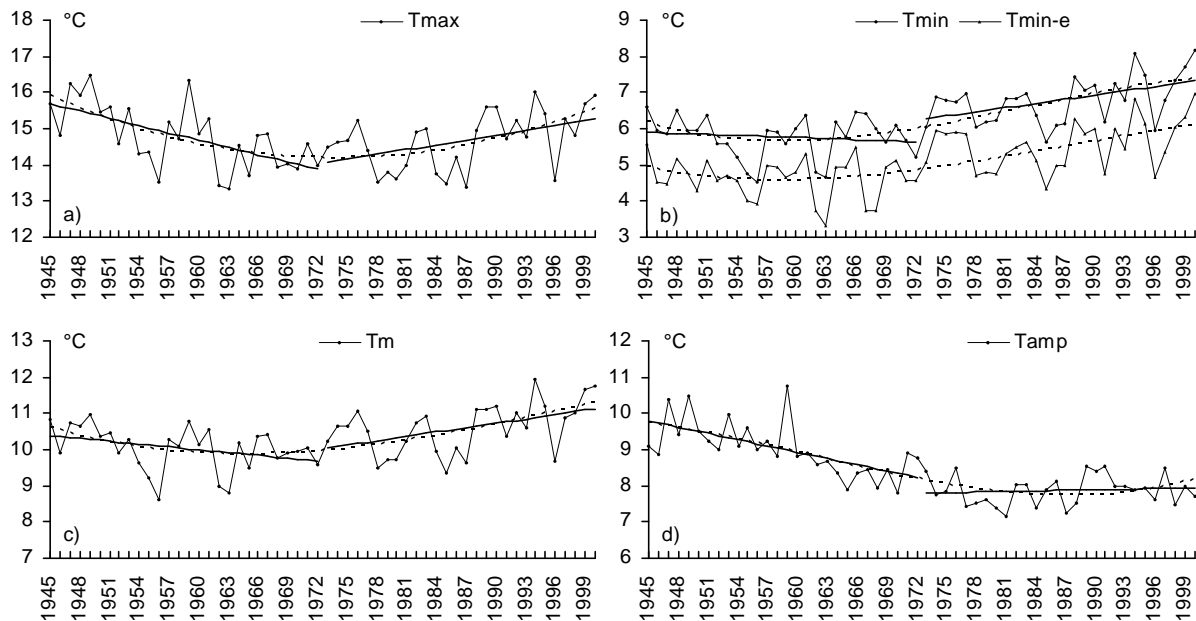


Abbildung 3: Zeitreihen der Jahresmittel verschiedener Lufttemperaturmessungen in Bernkastel-Kues, DWD-Station, Jahre 1945 bis 2000. Durchbrochene Linien: polynomische Trendfunktionen 3. Ordnung. Durchgezogene Linien: partielle lineare Trends der Intervalle 1945 bis 1972 und 1973 bis 2000. Tmax = Jahresmittel der Tages-temperaturmaxima, Tmin/Tmin-e = Jahresmittel der Tagesminima in 2 m ü. G. und am Erdboden; Tm = Jahresmittel der Lufttemperatur in 2 m ü. G.; Tamp = mittlere Tagesamplitude.

Die Trends der Monatsmittel der Lufttemperatur zeigen erhebliche Veränderungen v. a. im April und Mai (Temperaturabnahme von - 1.4 K zwischen 1945/1972 und Zunahme von 2.3 K zwischen 1973/2000). Januar und Dezember und insbesondere der August und der Oktober weisen eine hochsignifikante Erwärmung im gesamten Zeitraum auf. Die geringsten Veränderungen zeigen Februar, Juli und November. Die Ergebnisse belegen erhebliche Veränderungen im zeitlichen Verlauf der Lufttemperaturen im Mittleren Moseltal in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts.

Der zeitliche Verlauf der Niederschlagsjahressummen lässt keinen relevanten Trend für den Gesamtabschnitt 1945/2000 erkennen. Für den Abschnitt 1971/2000 ergibt sich eine mäßige Zunahme der Niederschläge. Der Mittelwert der Jahre 1945 bis 2000 für die Anzahl der Niederschlagstage  $N = 0.1$  mm liegt bei 180 Tagen, die Anzahl der Tage mit min. 10 mm Niederschlag bei 15 Tagen (etwa 1/10), doch fällt an diesen wenigen Tagen im Mittel fast 38 % der gesamten Jahressumme. Die langjährige mittlere extreme Tagesniederschlagshöhe in Bernkastel-Kues beträgt 35 mm (1971/2000). Der mittlere Eintrittstermin für den niederschlagsreichsten Tag im Jahr ist der 10. August. Die niederschlagsreichste Zeit im Jahr hat sich seit 1945 vom August auf Juni/Juli verschoben, Grund ist die hochsignifikante Abnahme der Niederschläge im August (- 31 mm). Der regenärmste Monat verschiebt sich vom März auf den Februar. Deutliche Zunahmen der Niederschläge zeigen September und Oktober, Dezember und Januar zeigen eine geringe positive Tendenz.

Die Jahressummen der Sonnenscheindauer zeigen einen starken Rückgang der Sonnenscheinstunden pro Jahr in den Jahren 1945 bis 1980/81 und eine Trendumkehr in den letzten 20 Jahren bis 2000. Im Gegenzug erhöht sich der Bedeckungsgrad des Himmels durch Wolken im gleichen Zeitraum hochsignifikant um 0.4 Achtel. Einzig die Monate Mai und Juni und insbesondere der Monat August weisen deutliche positive Trends der Monatssummen der Sonnenscheindauer und gegenläufige negative Trends der Monatsmittel der Bewölkung auf.

### Auswirkungen auf den Weinbau

Die wärmer gewordenen Monate März und April, die geringere Spätfrostgefahr und eine geringfügige Zunahme der Niederschläge äußern sich anhand eines früheren Vegetationsbeginns der Rebe in Bernkastel-Kues. Dadurch kann sich allerdings der Infektionsdruck durch Pilze bereits in den April verlagern. Die wärmeren, trockeneren und sonnenscheinreicheren Monate Mai und Juni führen zu einer erheblichen Vorverlagerung des Blühtermins und damit zu einer günstigen Verschiebung der relevanten Fruchtentwicklungsphasen und des ersten Reifebeginns in den trockeneren, wärmeren und strahlungsreicheren Hochsommer. Durch die starke Erwärmungstendenz im August einerseits und die starke Abnahme der Niederschläge andererseits erhöht sich im Hochsommer jedoch die Trockenstressgefahr erheblich. Die optimale Ausreife der Trauben im September und Oktober wird einerseits durch eine geringe Temperaturzunahme vor allem in der Nachtzeit gefördert, andererseits durch höhere Niederschlagswerte möglicherweise verzögert oder behindert. Durch die milder gewordenen Wintermonate, insbesondere durch die Temperaturzunahme im Dezember hat sich der kalt- oder kühl temperierte Jahresabschnitt deutlich verkürzt. Dies kann sich negativ auf die Knospenentwicklung und damit auf das neuerliche Austreiben im Frühjahr auswirken. Insbesondere die phänologischen Termine der Knospung, des Austriebs, der Blüte, des Reifebeginns und des letztlich erreichten Reifegrades eignen sich somit hervorragend als Indikator für die Veränderung der klimatischen Bedingungen im Jahresverlauf. Die Korrelationsrechnungen belegen einen starken Zusammenhang zwischen den Terminen des Blühbeginns der Rebe mit den Temperaturfaktoren und zwischen dem Reifegrad 60 °Oe und den ab Januar bis August kumulierten Temperatursummen (Tabelle 1) bzw. den Sonnenscheindauern zwischen Mai und August (Abbildung 4).

Tabelle 1: Korrelationsmatrix der phänologischen Termine der Rebe in Bernkastel-Kues und der ab Januar bis zum jeweils entsprechenden Monat akkumulierten Temperatursummen °D in K, berechnet nach der Single-Triangle-Methode (Basiswert 10 °C) jeweils für die Zeitreihen 1967 bis 2000. Rangkorrelation nach Spearman (Abkürzungen siehe Abb. 1, bBl = Beginn Blüte, vBl = Vollblüte, eBl = Ende Blüte, Ls = Lesetermin).

Stadium	Ja-Fe	Ja-Mr	Ja-Ap	Ja-Ma	Ja-Ju	Ja-Jl	Ja-Au	Ja-Se	Ja-Ok
1 K	-0.37	<b>-0.55</b>	-0.39						
2 A	-0.57	-0.70	<b>-0.87</b>	-0.54					
3 E	-0.37	-0.49	<b>-0.75</b>	-0.53					
4 bBl	-0.29	-0.27	-0.40	-0.84	<b>-0.91</b>				
5 vBl	-0.29	-0.25	-0.36	-0.83	<b>-0.91</b>				
6 eBl	-0.27	-0.24	-0.30	-0.82	<b>-0.90</b>				
7 Be	-0.29	-0.25	-0.23	-0.77	-0.85	<b>-0.87</b>			
8 bR	-0.33	-0.22	-0.20	-0.73	-0.83	<b>-0.91</b>	-0.85	-0.81	
9a 60°	-0.42	-0.29	-0.36	-0.56	-0.72	-0.82	<b>-0.82</b>	-0.80	-0.79
9b 70°									
9c 80°									
10 Ls				-0.52	-0.52	<b>-0.78</b>	-0.76	-0.73	-0.74
11 Lv				-0.32	-0.34	-0.26	-0.14	0.03	-0.01
12 Lf				-0.20	-0.17	-0.26	-0.23	-0.13	-0.13

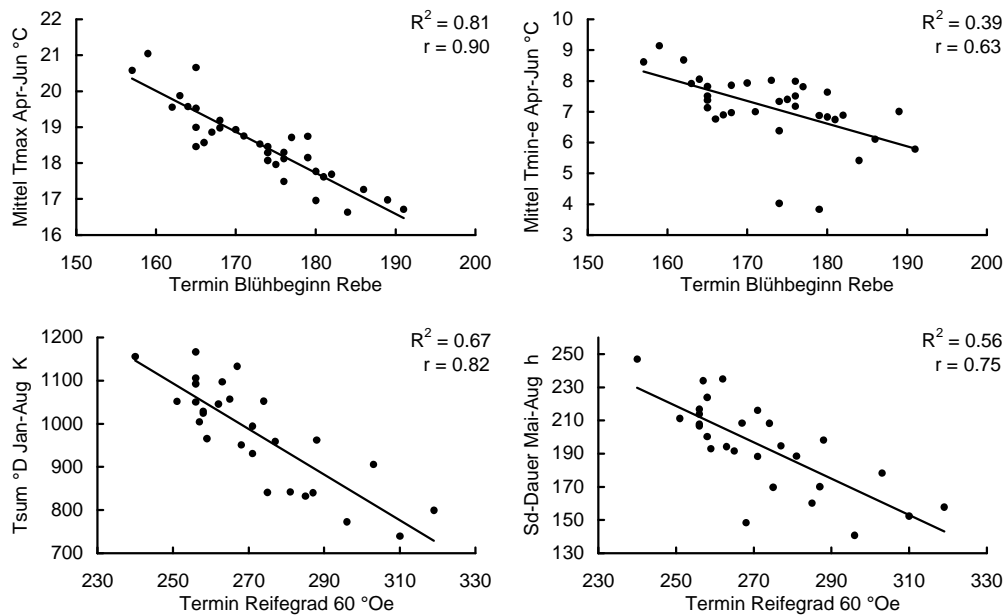


Abbildung 4: Streudiagramme, Rangkorrelationskoeffizient  $r$  nach Spearman und Bestimmtheitsmaß  $R^2$ . Oben: Zusammenhang zwischen den Blühterminen der Rebe in Bernkastel-Kues und den Mitteln (April bis Juni) der Tagesmaxima ( $T_{max}$ ) der Lufttemperatur in 2 m ü. G und der Tagestemperaturminima am Erdboden ( $T_{min-e}$ ). Unten: Zusammenhang zwischen den Terminen des Reifegrades 60 °Oe und der ab Januar bis August kumulierten Temperatursummen °D bzw. der Mitteln (Mai bis August) der Sonnenscheindauer. Zeiträume jeweils 1967 bis 2000.

Die hohen Korrelationen insbesondere mit den Zeitreihen der Temperaturfaktoren ist ein weiterer Beleg für die stattgefundenen klimatischen Veränderungen im Mittleren Moseltal besonders in den Monaten März bis Juni und August und Oktober.

Eine ausführliche Version dieses Artikels findet sich bei Lüers (2003).

## Literatur

- Chmielewski, F. M. und Rötzer, T. (2000): Phenological trends in Europe in relation to climatic changes. Agrar-meteorologische Schriften der Humboldt-Universität Berlin Heft **07**, 15 S.
- Chmielewski, F. M. und Rötzer, T. (2002): Annual and spatial variability of the beginning of growing season in Europe in relation to air temperature changes. *Climate Research*, **19** (3), 257-264.
- Defila, Claudio und Clot, Bernard (2001): Phytophenological trends in Switzerland. *Int. J. Biometeorology*, **45**, 203-207.
- Hoppmann, Dieter (1988): Der Einfluss von Jahreswitterung und Standort auf die Mostgewichte der Rebsorten Riesling und Müller-Thurgau (*Vitis vinifera* L.). *Berichte des Deutschen Wetterdienstes* Nr. **176**, Offenbach a. M.
- Lüers, J. 2003. Agrarklimatologische und phänologische Auswertungen anhand ausgewählter Klimaindikatoren für das Mittlere Moseltal. Dissertationsschrift Universität Trier, im Druck, pp.
- Menzel, A. (2000): Trends in phenological phases in Europe between 1951 and 1996. *Int. J. Biometeorology*, **44**, 76-81.
- Nemani, R. R.; White, M. A.; Cayan, D. R.; Jones, G. V.; Running, S. W.; Coughlan, J. C. und Peterson, D. L. (2001): Asymmetric warming over coastal California and its impact on the premium wine industry. *Climate Research*, **19**, 25-34.