



69. RHEINGAUER WEINBAUWOCHE



Klimawandel und mögliche Veränderungen des Inhaltsstoffprofils des Rieslings

Dr. Andrii Tarasov

Prof. Dr. Doris Rauhut

Prof. Dr. Hans Reiner Schultz

- **Einleitung: Riesling-Traubenparameter**
- **Klimawandels weltweit und im Rheingau**
- **Auswirkungen des Klimawandels auf Riesling**
 - Zucker- und Säuregehalte
 - Aromastoffe
- **Fazit: Anpassung an den Klimawandel im Weinbau**

Traubenparameter für die Weinbereitung

Klimawandelfaktoren:



Temperatur



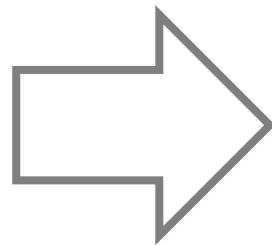
Sonneneinstrahlung



Niederschlagsmuster



Erhöhte CO₂-Konzentration



FACE - HGU

Die Rebphenologie und der Gehalt der Trauben bei der Lese werden stark verändert

Verschiedene Konzepte der "Traubenreife":

- Physiologische Reife
- Technologische Reife
 - Phenolische Reife
- Zelluläre (Zellwand-)Reife
 - Aromatische Reife
 - Sensorische Reife



Wichtige Traubenparameter für die Weinbereitung

Zuckergehalt

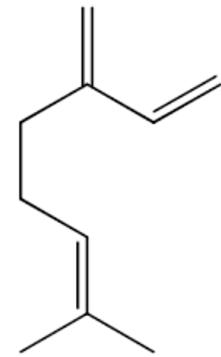
Säuregehalt

Aromaprofil

Phenolgehalt

Hauptsortenaromen in Rieslingweinen

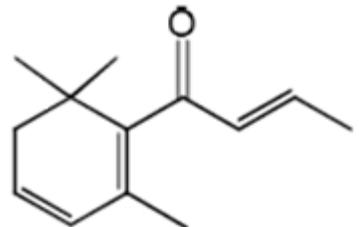
Terpene



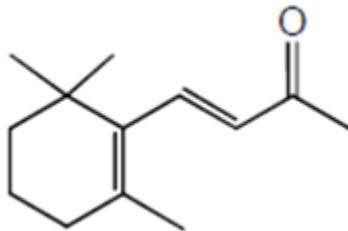
Linalool
Geraniol
Nerol
Citronellol
 α -Terpineol
...

Blumig,
fruchtig

C_{13}^- Norisoprenoide

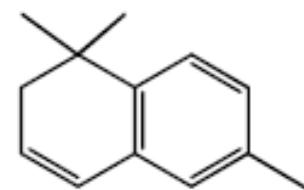


β -Damascenon

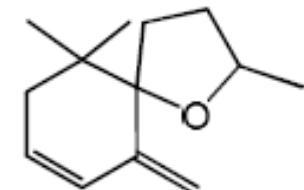


β -Ionon

Junge Weine: blumig, fruchtig



TDN
Kerosin, Diesel

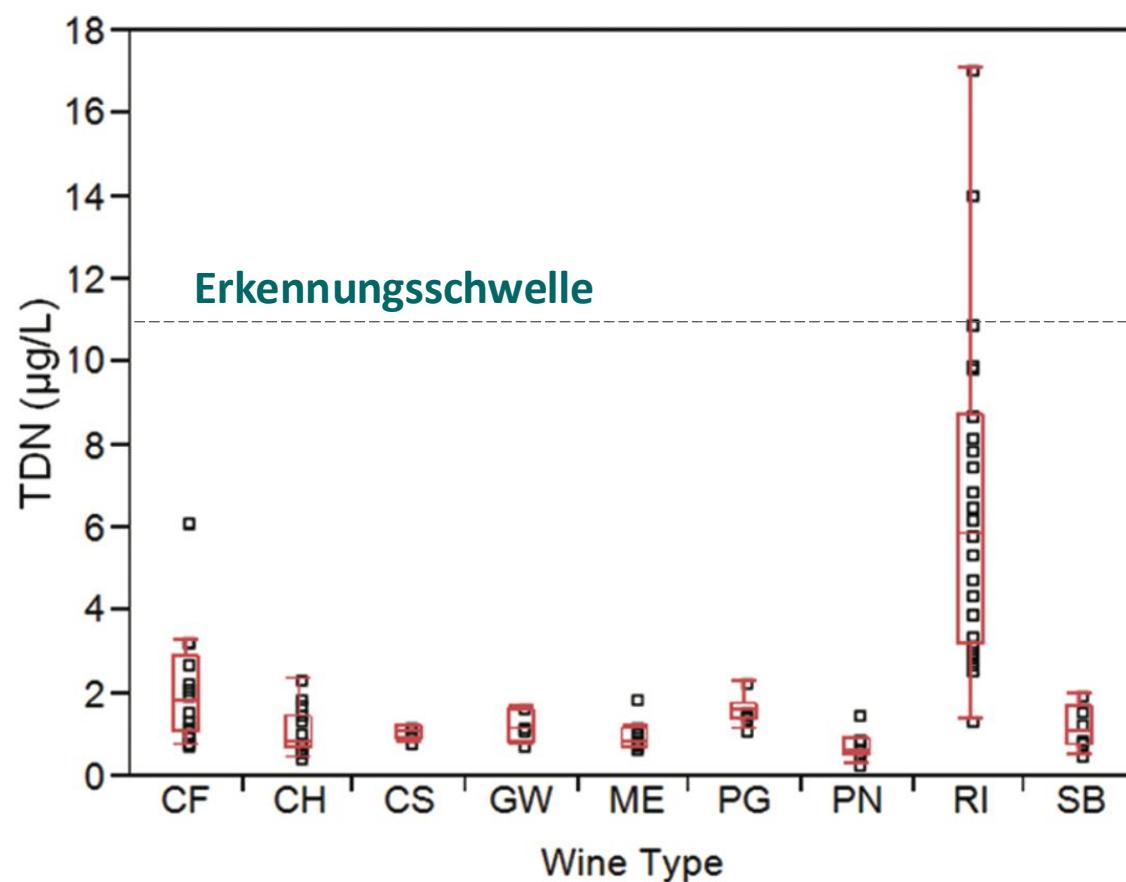


Vitispiran
Kampfer, Balsamico

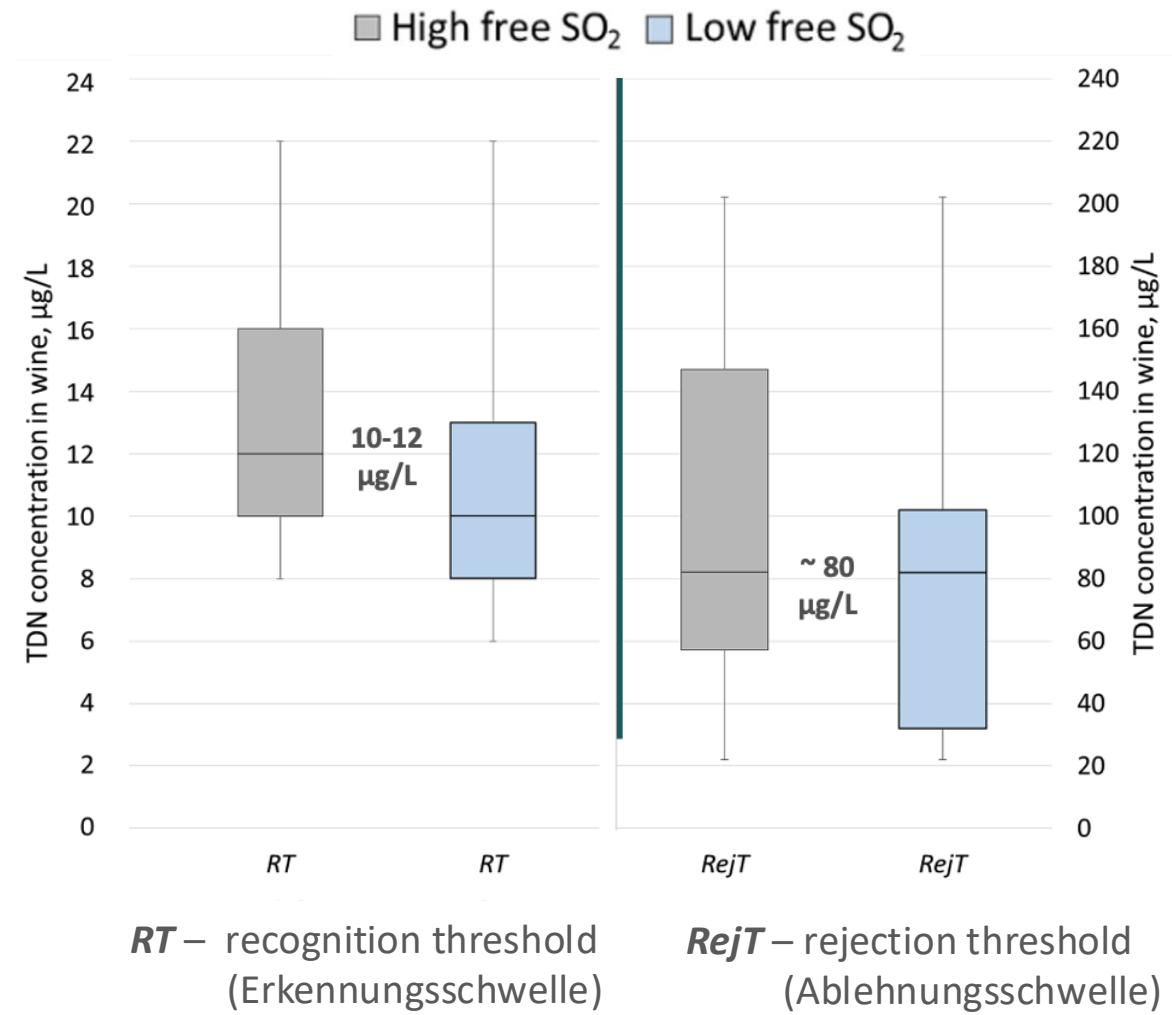
Gereifte Weine

TDN in Weinen. Sensorische Schwellenwerte

- TDN ist **nicht einzigartig** für Riesling
- Der **TDN-Gehalt im Riesling** ist jedoch **höher als in anderen Weinen** und kann die Erkennungsschwelle überschreiten



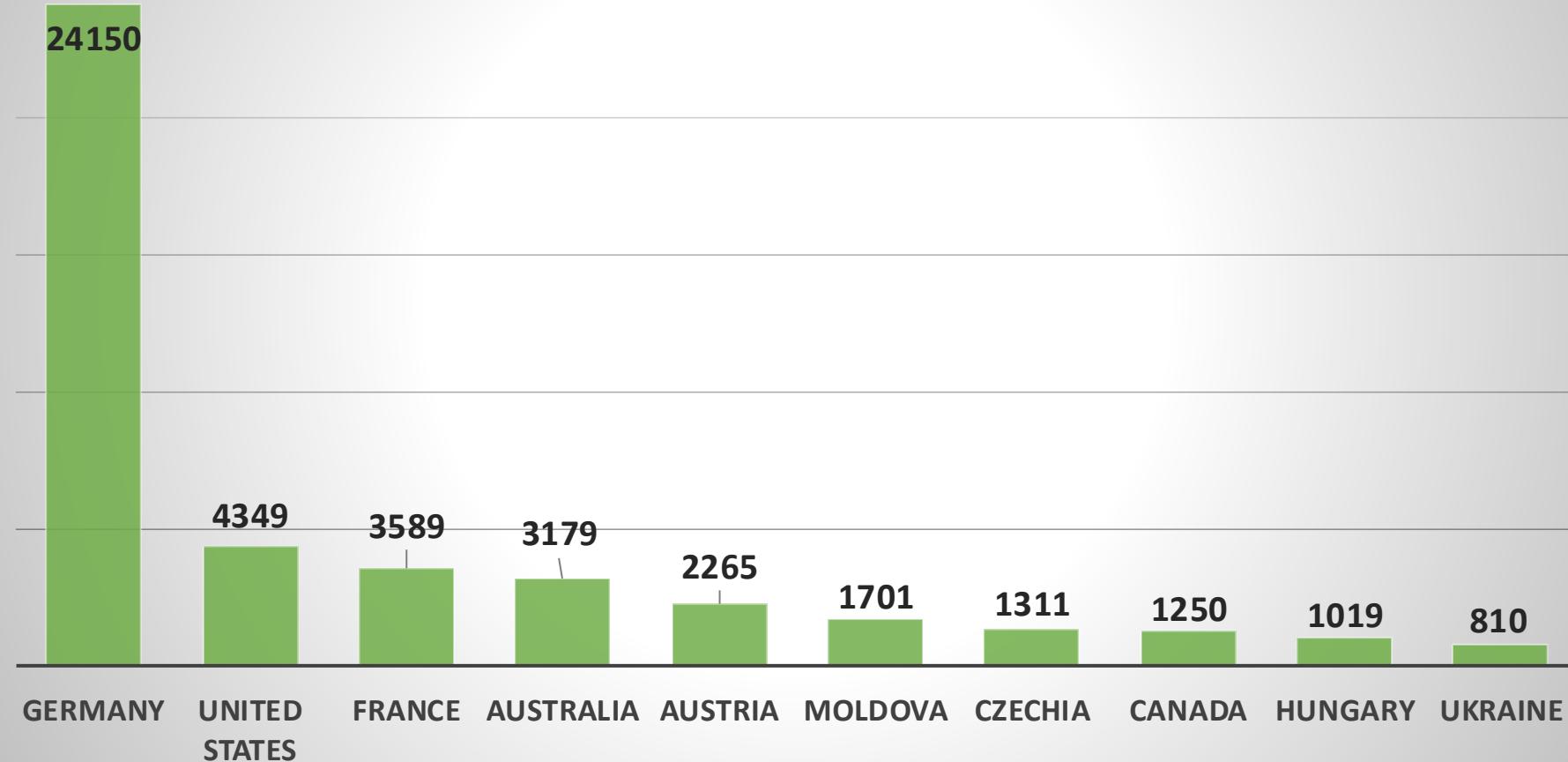
- TDN verleiht den **Weinaromen Komplexität**, kann aber in **hoher Konzentration negativ** wahrgenommen werden



- Einleitung: Riesling-Traubenparameter
- Klimawandels weltweit und im Rheingau
- Auswirkungen des Klimawandels auf Riesling
 - Zucker- und Säuregehalte
 - Aromastoffe
- Fazit: Anpassung an den Klimawandel im Weinbau

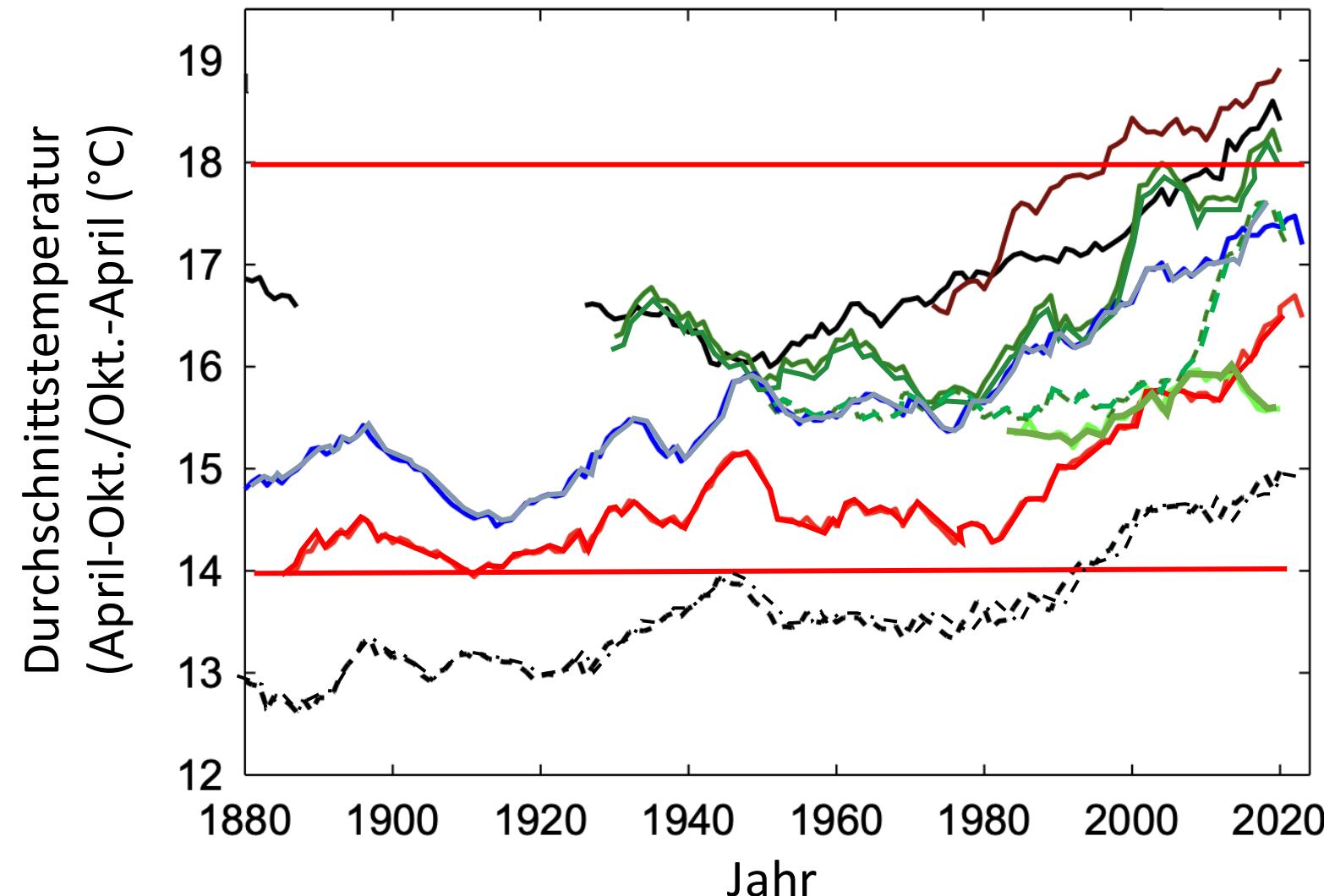
RIESLING

Weinbergsfläche im Jahr 2023, ha



Die Erfahrungen **anderer Länder**, in denen **Riesling traditionell** angebaut wird, können auch in Deutschland genutzt werden

Beobachtete Klimatrends in wichtigen Ländern für Riesling



Bordeaux, Frankreich, 44.8 °N

Adelaide Hills (MB), Australien, 34.7 °S

Prosser, Washington, USA, 46.2 °N

Wien, Österreich, 48.2 °N

Yakima, Washington, USA, 46.6 °N

Geisenheim, Deutschland, 50.0 °N

Finger Lakes, Geneva, USA, 42.5 °N

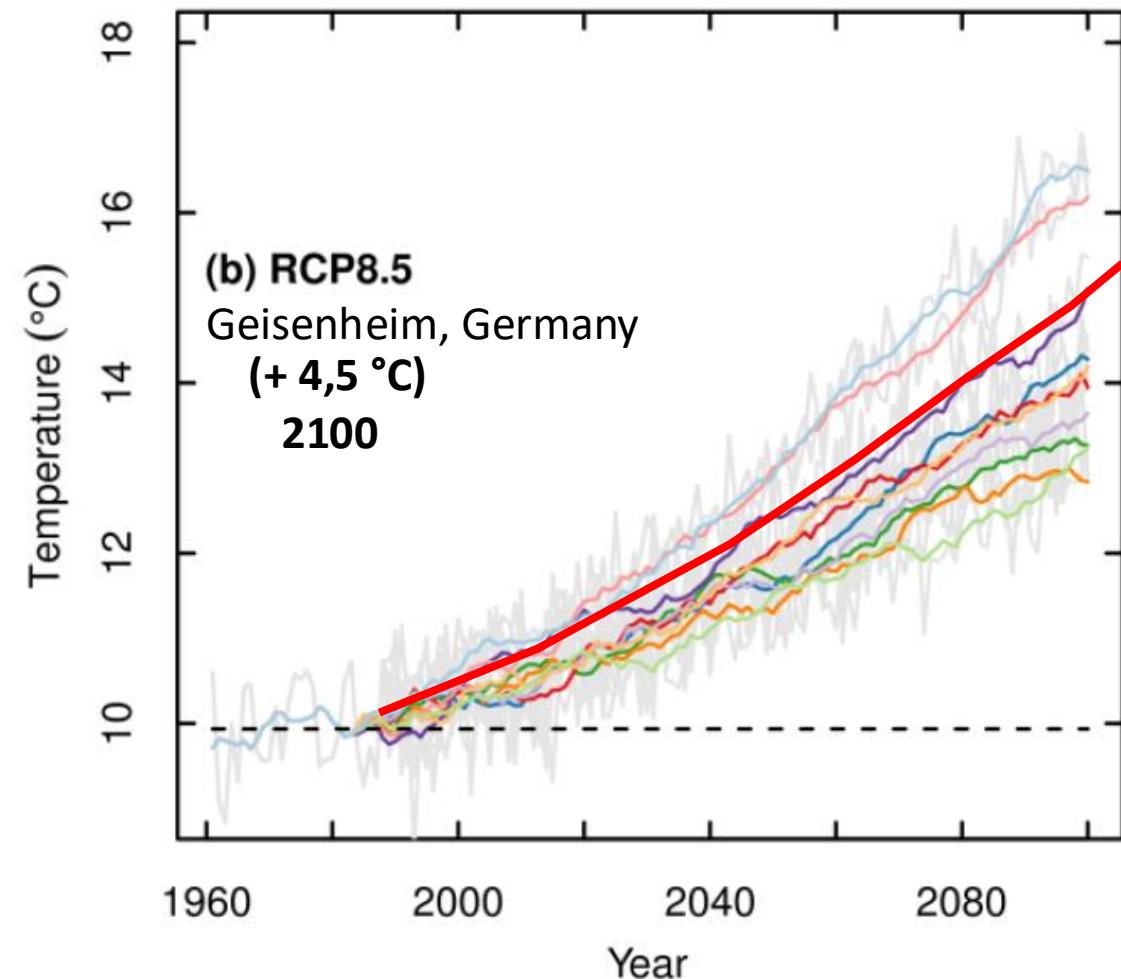
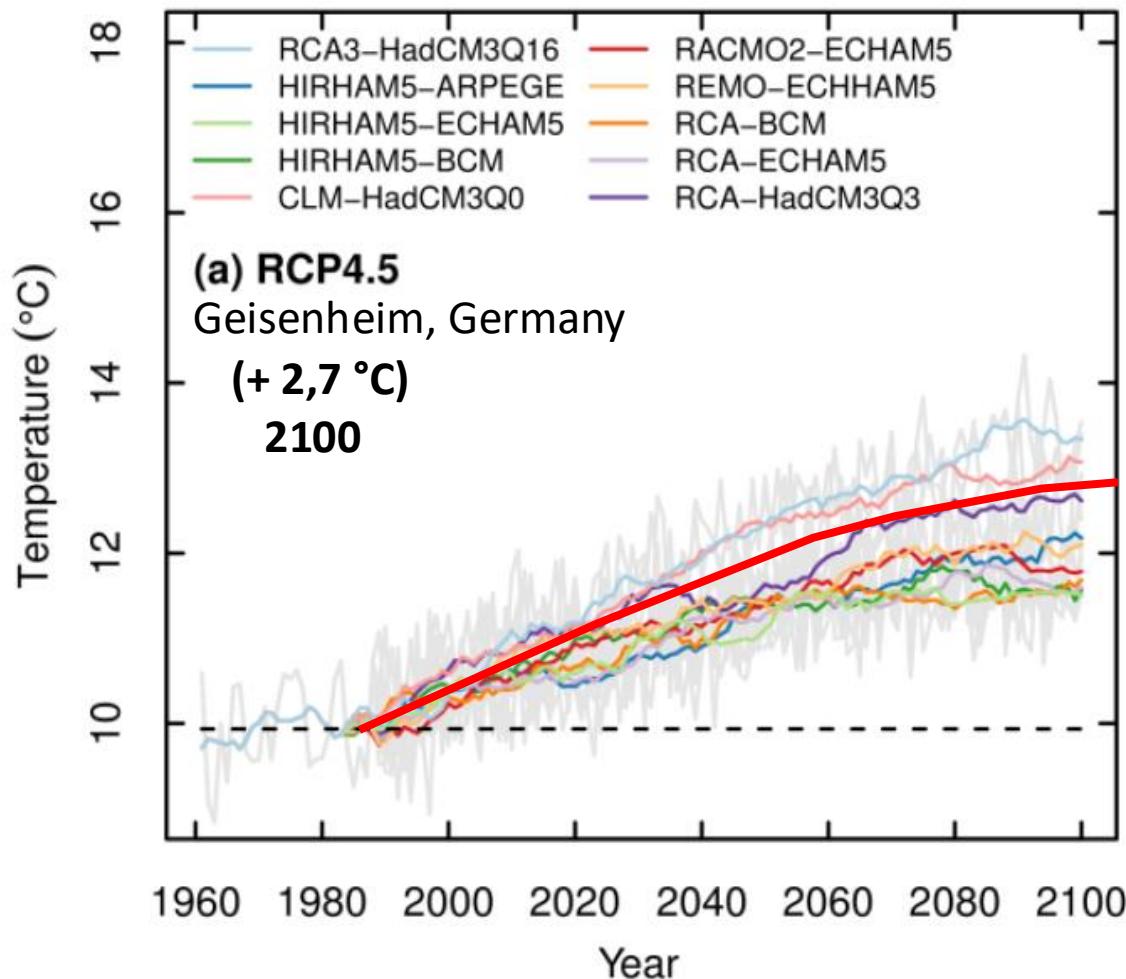
Oxford, England, 51.7 °N

Riesling
Regionen

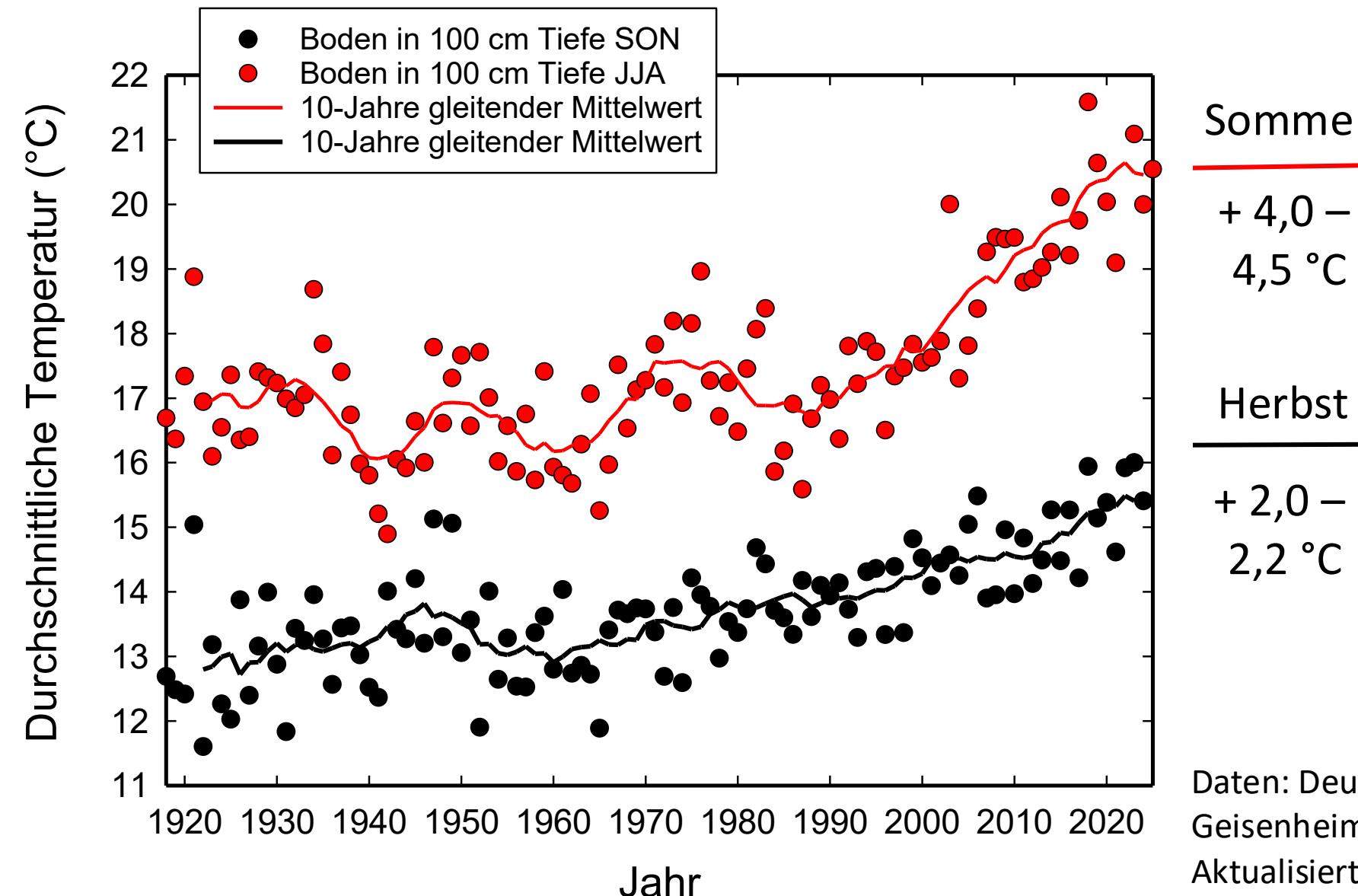
Zusammengestellt (H.R.Schultz) French data:
DB, CLIMATIK, Agroclim, INRA, German data:
Deutscher Wetterdienst, Australian data:
Governm. Bureau Meteorology, UK data
Meteorol. Office, US and other data: NOAA

Simulation der jährlichen Durchschnittstemperatur

Verschiedene regionale Klimamodelle und Klimaszenarien für Geisenheim z.B.



Veränderungen der Bodentemperatur



Bodentemperatur im
Sommer
(Juni, Juli, August; JJA)

Sommer
+ 4,0 –
4,5 °C

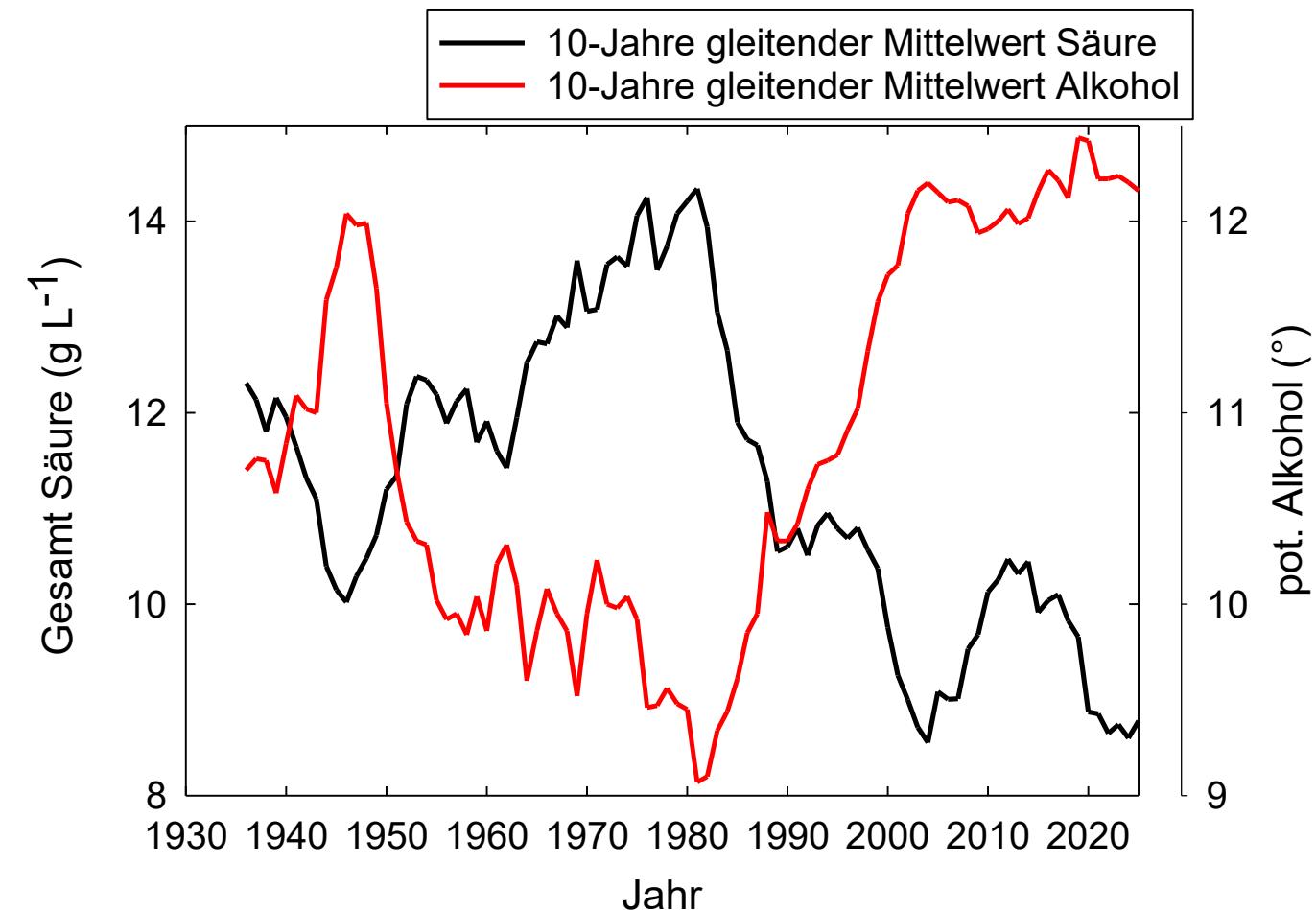
gegenüber dem
Herbst
(September, Oktober,
November; SON)

1 m Bodentiefe

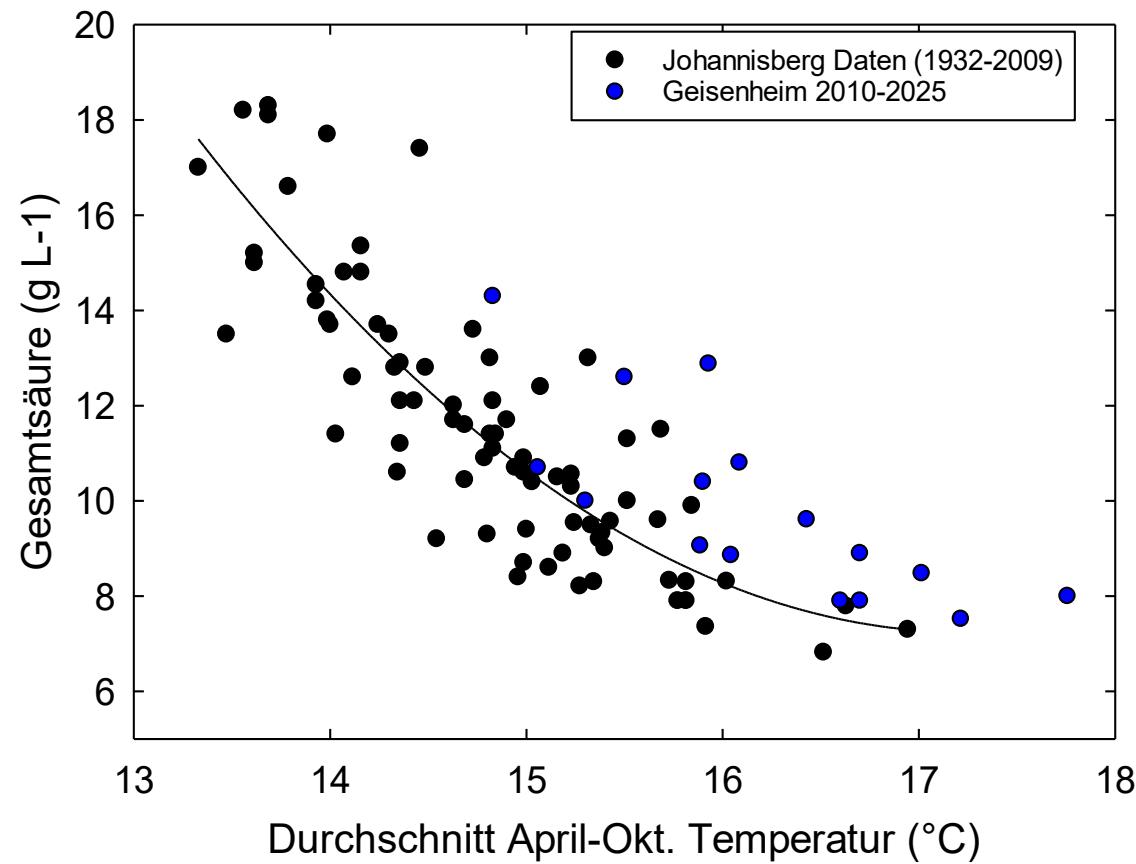
Daten: Deutscher Wetterdienst (Hochschule),
Geisenheim
Aktualisiert nach Schultz, H.R. (2022)
OenoOne Vol. 56, 2: 251-263

- Einleitung: Riesling-Traubenparameter
- Klimawandels weltweit und im Rheingau
- Auswirkungen des Klimawandels auf Riesling
 - Zucker- und Säuregehalte
 - Aromastoffe
- Fazit: Anpassung an den Klimawandel im Weinbau

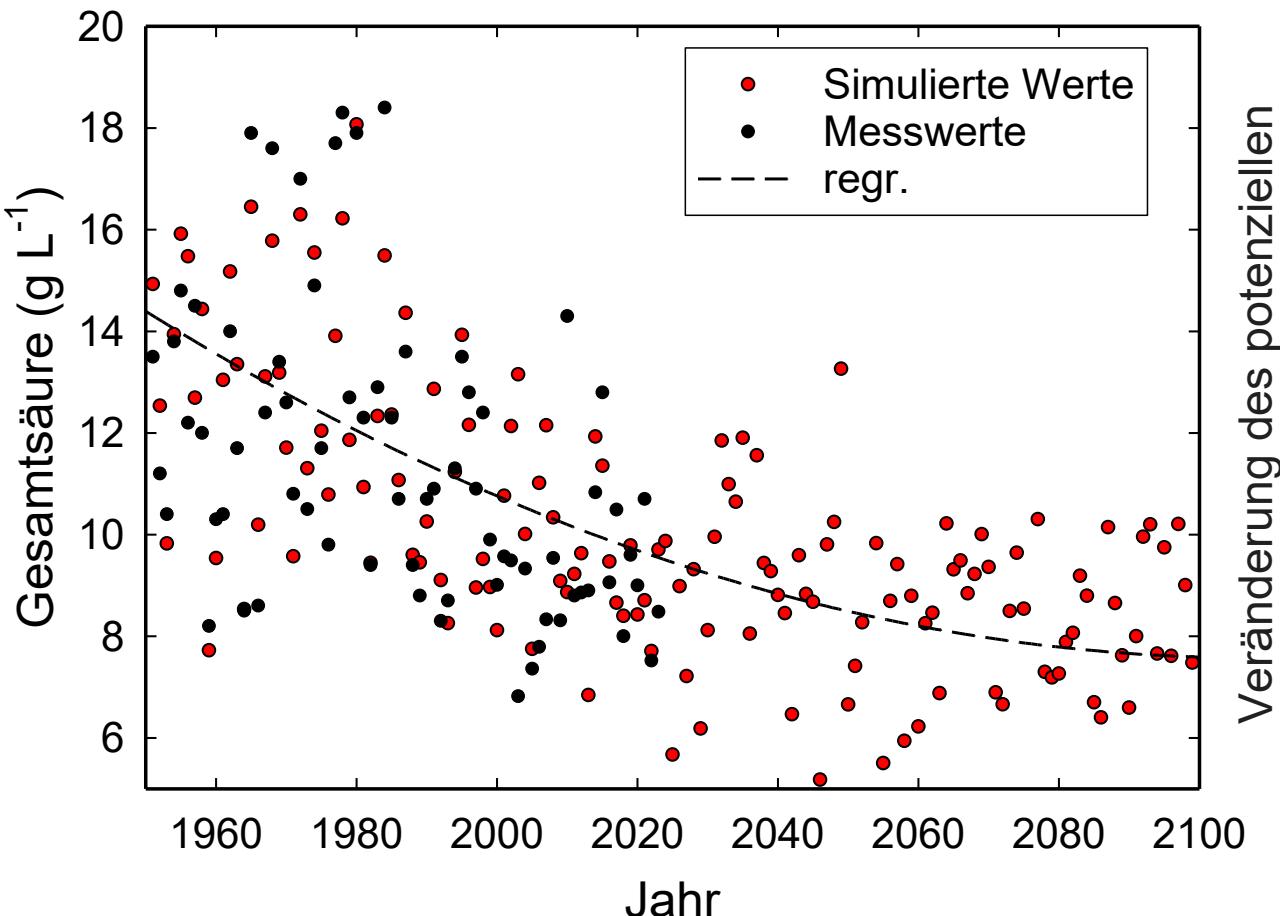
Entwicklung der Gesamtsäure seit 1930



Abhängigkeit von Säure zu Temperatur
(als Teil der Gesamtsäure reagiert nur
die Äpfelsäure)



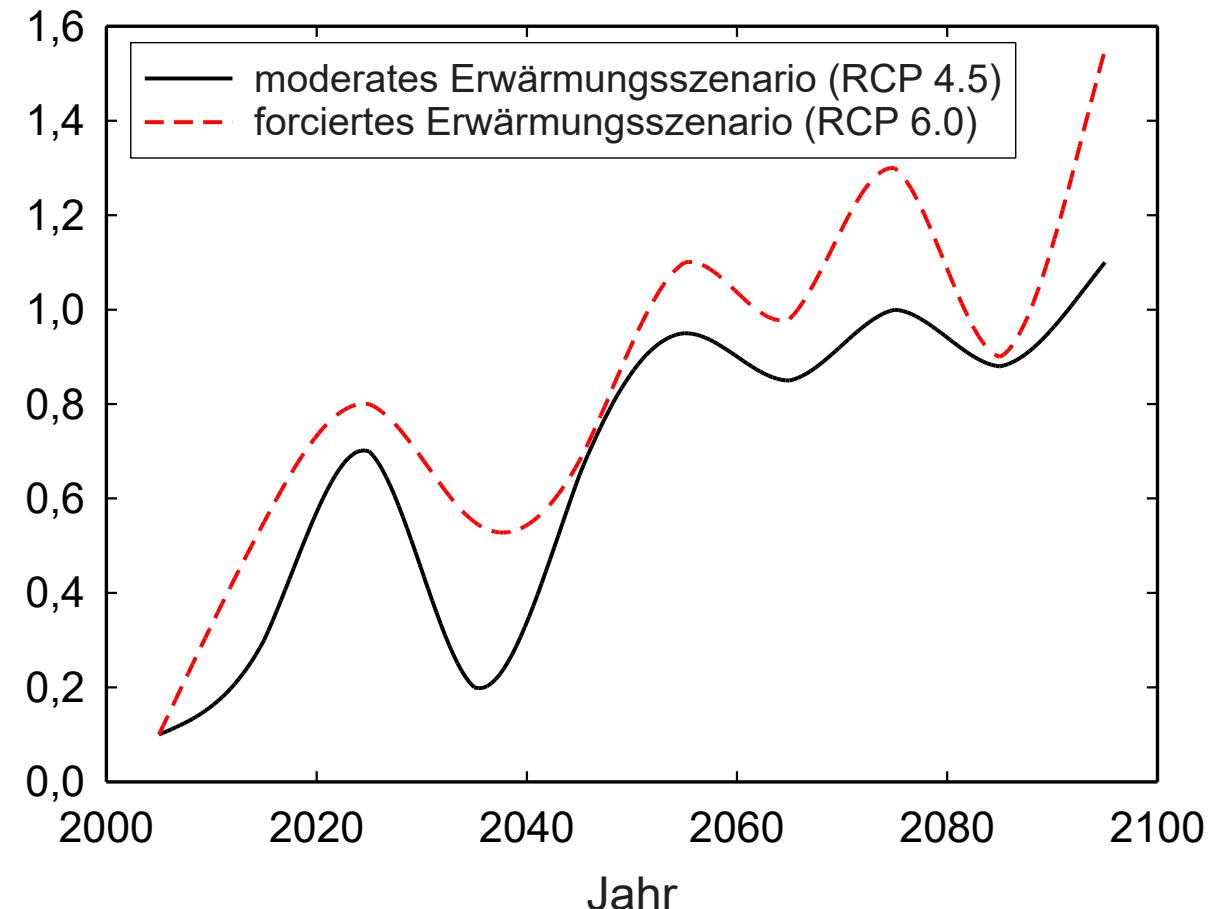
Simulation von Gesamtsäure



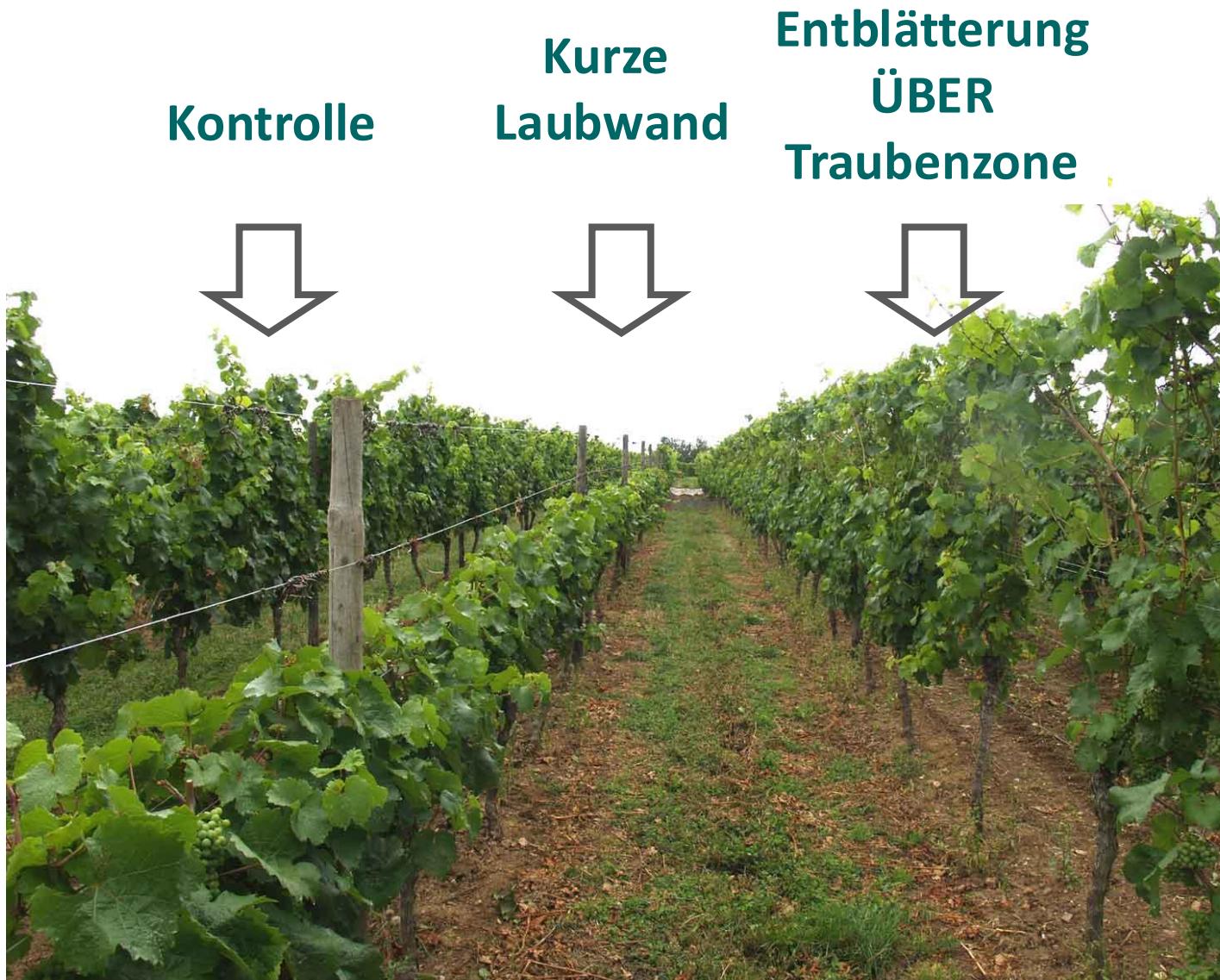
Hoppmann, Hofmann, Schultz (2005) INKLIM II-Projekt

Verschiedener Klimaszenarien

(Mostgewicht als potenzieller Alkoholgehalt)



Hofmann, Schultz (2007) INKLIM II-Projekt

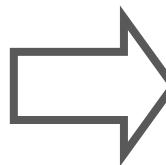


Variation der
Blattfläche

Erster Rückschnitt
BBCH 73
(21.6.2007)



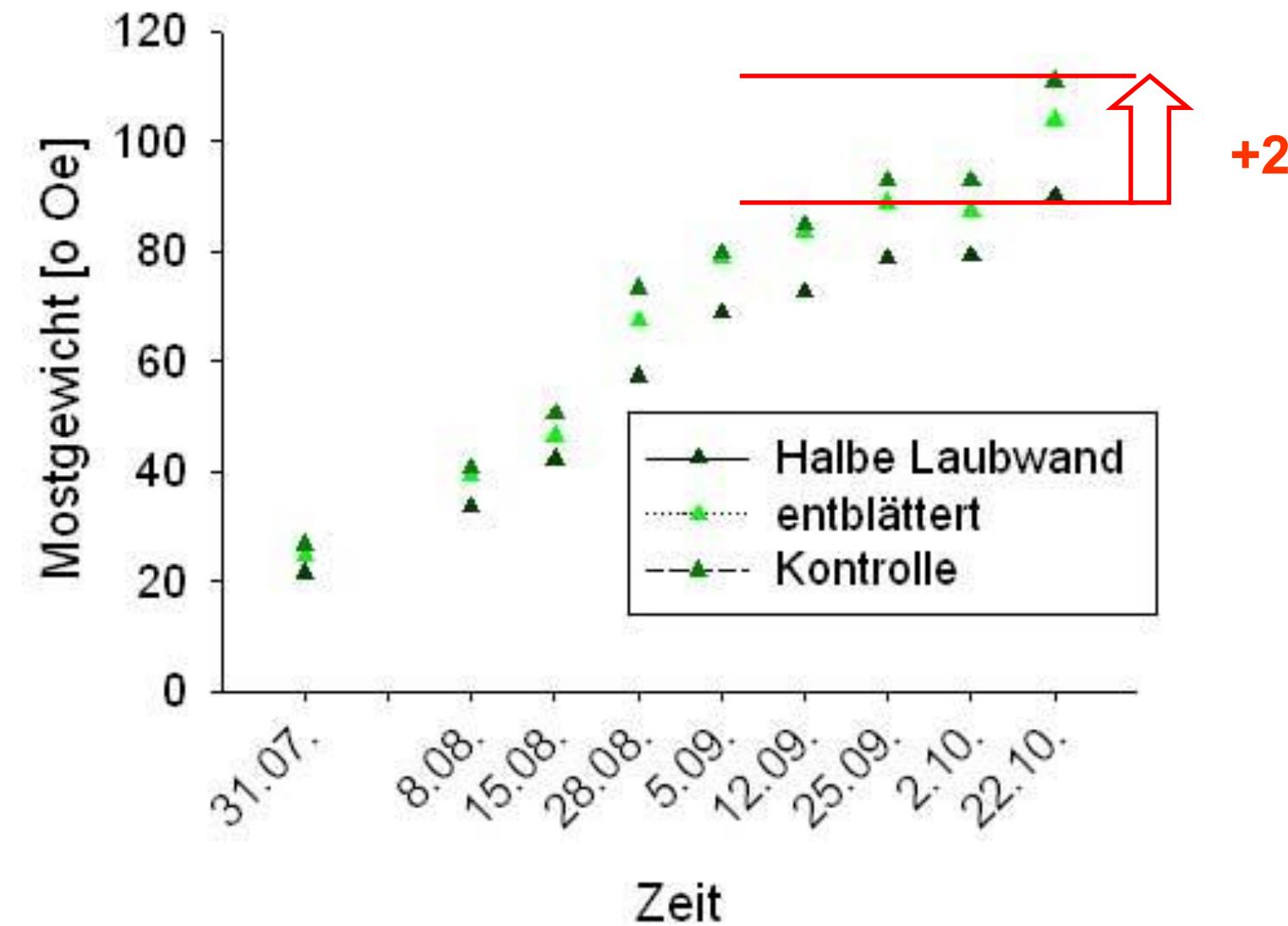
Zweiter Rückschnitt
BBCH 83
(24.08.2007)



Kurze Laubwand



Maschinelle
Entblätterung
ÜBER der Traubenzone



**Entblätterung über der Traubenzone
(einmalig) reduziert ca. 5-10 °Oe**
(je nach dem wie häufig man das einsetzt kann das auch mehr sein)

Einfluss der Blattflächenänderung auf Mostgewicht und pH

	Kontrolle (frühe Lese)	Kontrolle	Halbe Laubwand	Entblätterung
Lesedatum	9.10.07	22.10.07	22.10.07	22.10.07
Ertrag (kg/ar)	141.2	122.2	119.9	122.2
Mostgewicht (°Oe)	89	111	90	104
Sre (gL ⁻¹)	10.7	8.2	8.6	8.4
pH	3.15	3.24	3.24	3.20
NOPA (mgL ⁻¹)	172	259	207	241

Ernte-
Reifeparameter

- Einleitung: Riesling-Traubenparameter
- Klimawandels weltweit und im Rheingau
- Auswirkungen des Klimawandels auf Riesling
 - Zucker- und Säuregehalte
 - Aromastoffe
- Fazit: Anpassung an den Klimawandel im Weinbau

Terpene: Einfluss von Wassermangel und Entblätterung

Terpene

Ges. Terpenalkohole		
Vintage	treatment	total terpenols* [µg/L]
2008	Kontrolle C	162 (5) ^a
	I	143 (8) ^b
2009	Kontrolle C	511 (29) ^a
	I	224 (6) ^b
	IdB	303 (25) ^c
	IdV	195 (6) ^b
2010	Kontrolle C	227 (5) ^a
	I	226 (13) ^a
	IdB	195 (30) ^a

*Total terpenols: sum of free and acid hydrolysed terpenols including geraniol, α -terpineol, linalool, cis-linalool oxide, trans-linalool oxide; n = 3; standard deviation is indicated in parenthesis; differing letters indicate statistical significance within a vintage (Holm-Sidak method; p<0.05)

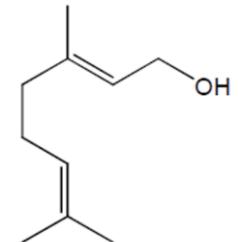
Wassermangel führt zu etwas höheren Terpengehalten, Riesling

Terpene: Einfluss von Wassermangel und Entblätterung

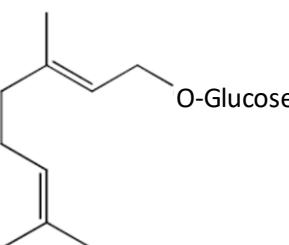
Terpene

	Kontrolle (bewässert)	Frühes Wasserdefizit (bis Veraison)	Spätes Wasserdefizit (ab Veraison)	Kontinuierliches Wasserdefizit			
Bound Terpenes at Harvest							
α phellandrene	32.69 ± 12.60	15.11 ± 6.63	19.98 ± 8.72	33.52 ± 15.54	n.s.	***	n.s.
α terpinene	4.47 ± 2.05	3.55 ± 1.57	3.72 ± 1.63	6.11 ± 2.85	n.s.	***	n.s.
α terpinol	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.			
α terpinolene	2.64 ± 1.23	0.46 ± 0.46	1.76 ± 0.88	2.92 ± 1.37	*	***	**
β phellandrene	30.32 ± 13.90	21.56 ± 7.92	20.37 ± 8.89	37.94 ± 17.63	n.s.	***	n.s.
citral	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.			
citronellol	242.72 ± 46.51	253.50 ± 62.95	266.96 ± 55.75	342.99 ± 77.80	n.s.	***	**
farnesene-a	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.			
farnesene-b	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.			
γ terpinene	0.43 ± 0.19	0.28 ± 0.13	0.35 ± 0.16	0.49 ± 0.21	*	***	**
geranic acid	1107.65 ± 260.13	1270.90 ± 295.23	1170.15 ± 303.24	1329.76 ± 313.40	n.s.	***	n.s.
geraniol	2217.95 ± 364.34	3224.03 ± 567.93	3079.70 ± 570.91	3632.40 ± 536.57	n.s.	***	n.s.
hydroxylinalool	771.15 ± 133.25	740.17 ± 169.53	859.64 ± 156.73	817.95 ± 142.78	n.s.	***	n.s.
limonene	8.54 ± 2.73	9.65 ± 3.51	4.17 ± 1.83	6.96 ± 3.29	n.s.	***	*
linalool	67.99 ± 11.20	66.09 ± 15.62	62.96 ± 15.48	82.99 ± 16.30	n.s.	***	n.s.
methyl geranate	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.			
myrcene	2.63 ± 0.86	3.38 ± 0.95	1.56 ± 0.69	2.77 ± 1.26	n.s.	***	*
nerol	634.98 ± 129.58	808.14 ± 217.25	758.37 ± 190.56	928.65 ± 196.89	n.s.	***	n.s.
ocimene-a	8.29 ± 3.77	5.39 ± 2.34	6.26 ± 2.74	10.86 ± 4.99	*	***	**
ocimene-b	12.48 ± 5.67	11.14 ± 4.31	8.97 ± 4.04	13.70 ± 6.32	n.s.	***	n.s.
rose oxide	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.			
Total	5144.92 ± 517.86	6433.35 ± 799.19	6264.91 ± 824.25	7250.01 ± 828.65	n.s.	***	n.s.

Freie Form (flüchtige)



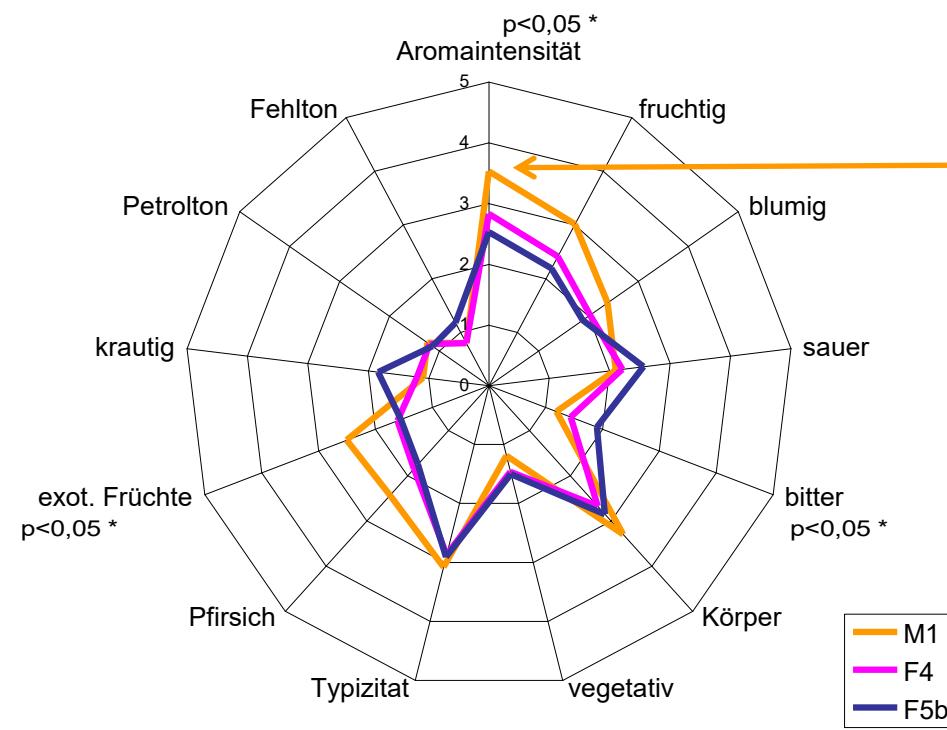
Gebundene Form (nichtflüchtige)



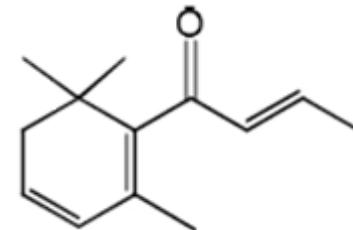
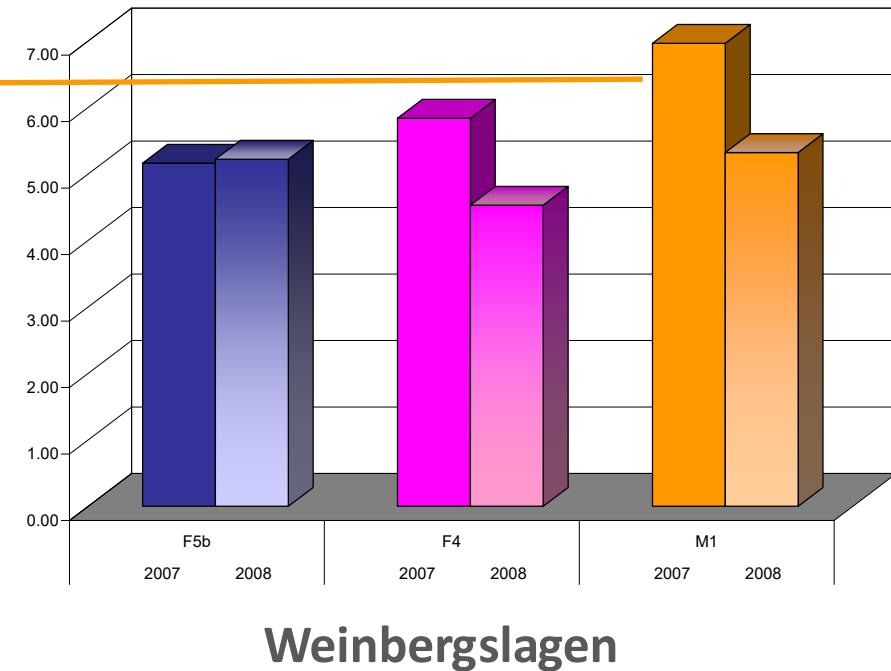
Wassermangel führt zu viel **höheren Terpengehalten**, Gewürztraminer
(Beispiel Okanagan Valley, Kanada)

C₁₃-Norisoprenoide: Bildung in Weintrauben

C₁₃-Nor-
isoprenoide



β -Damascenon in wine, $\mu\text{g/L}$



β -Damascenon

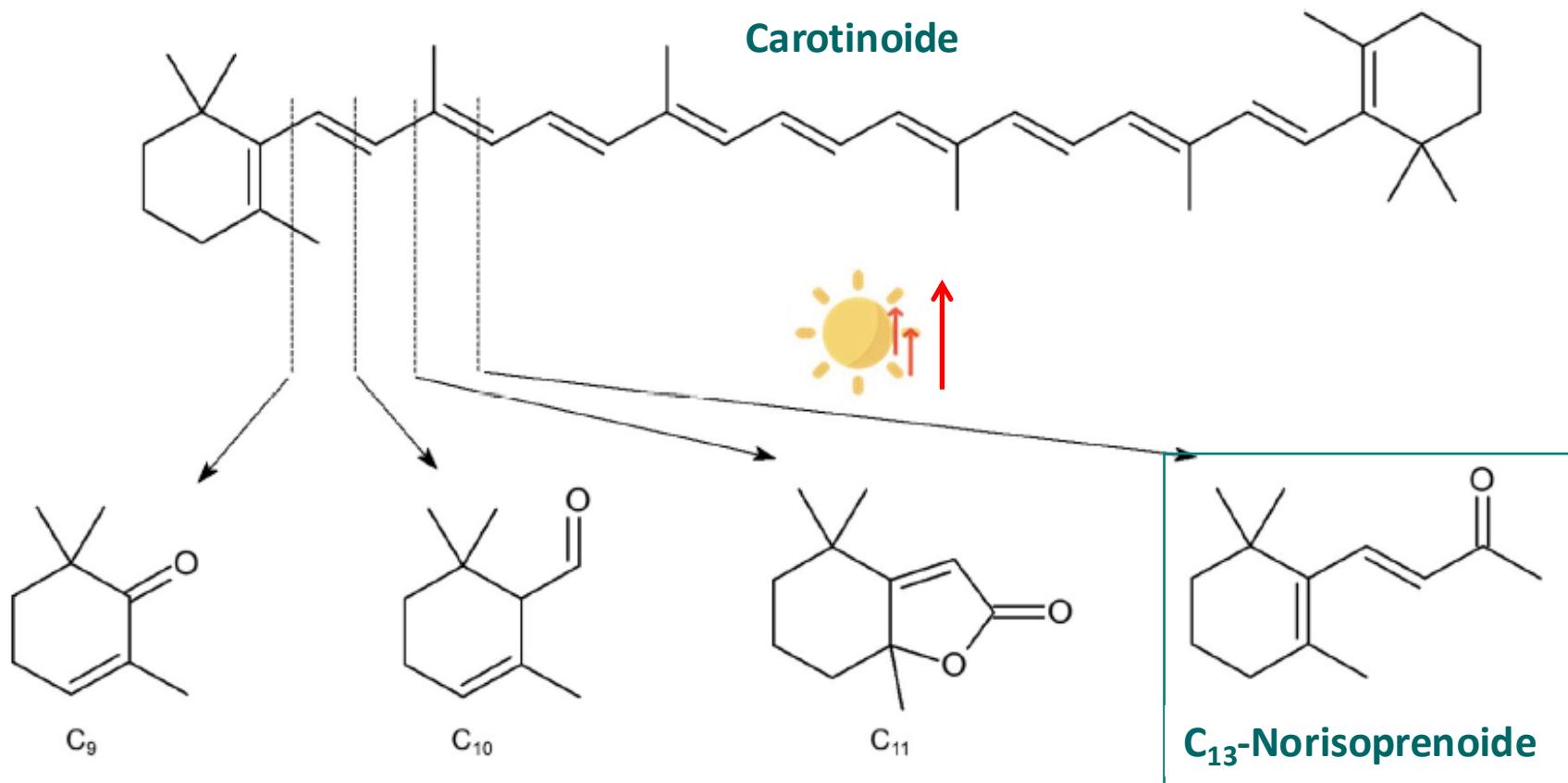
Empfehlungen zur Steigerung des β -Damascenon-Gehalts:

- Nach der Véraison → gute Stickstoff- und Wasserversorgung (tiefgründige Böden)
→ Moderate Besonnung nach der Véaison
- Vor der Véaison → mehr Licht (erforderlich für die Bildung von Carotinoiden)

C_{13} -Norisoprenoide: Bildung in Weintrauben

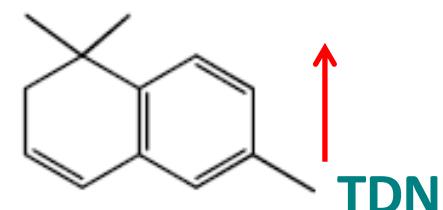
- Biosynthese und Akkumulation von Carotinoiden findet meistens vor der Veraison statt
- C_{13} -Norisoprenoide sind biologische Abbauprodukte von Carotinoiden

C_{13} -Nor-isoprenoide



- Carotinoide spielen in Weintrauben eine „sonnenschützende“ Rolle
- Lichtexposition erhöht die Synthese von Carotinoiden und ihre nachfolgenden Abbauprozesse und die Bildung von Norisoprenoide

...

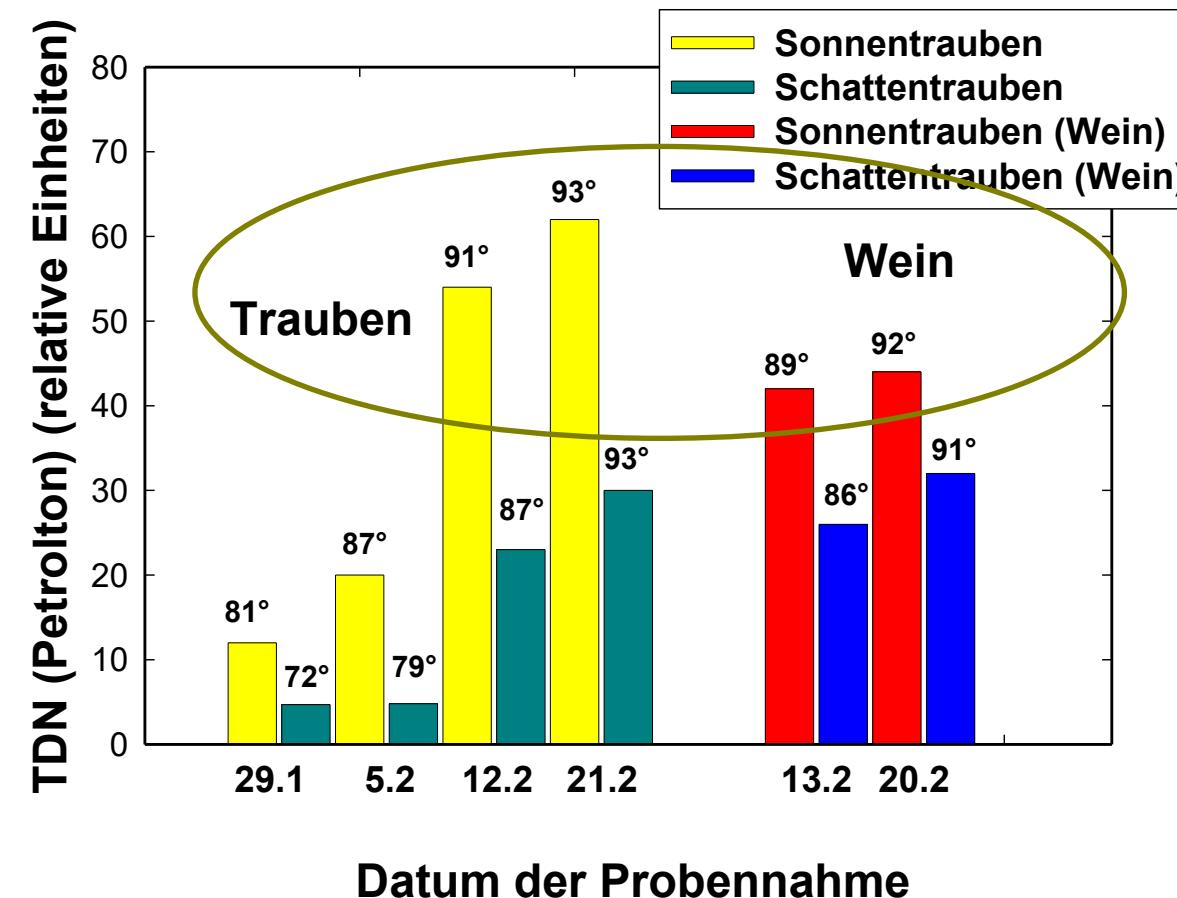


- Entblätterung → bessere Sonneneinstrahlung → erhöhte Konzentration von C_{13} -Norisoprenoiden in Trauben → mehr TDN später in Wine

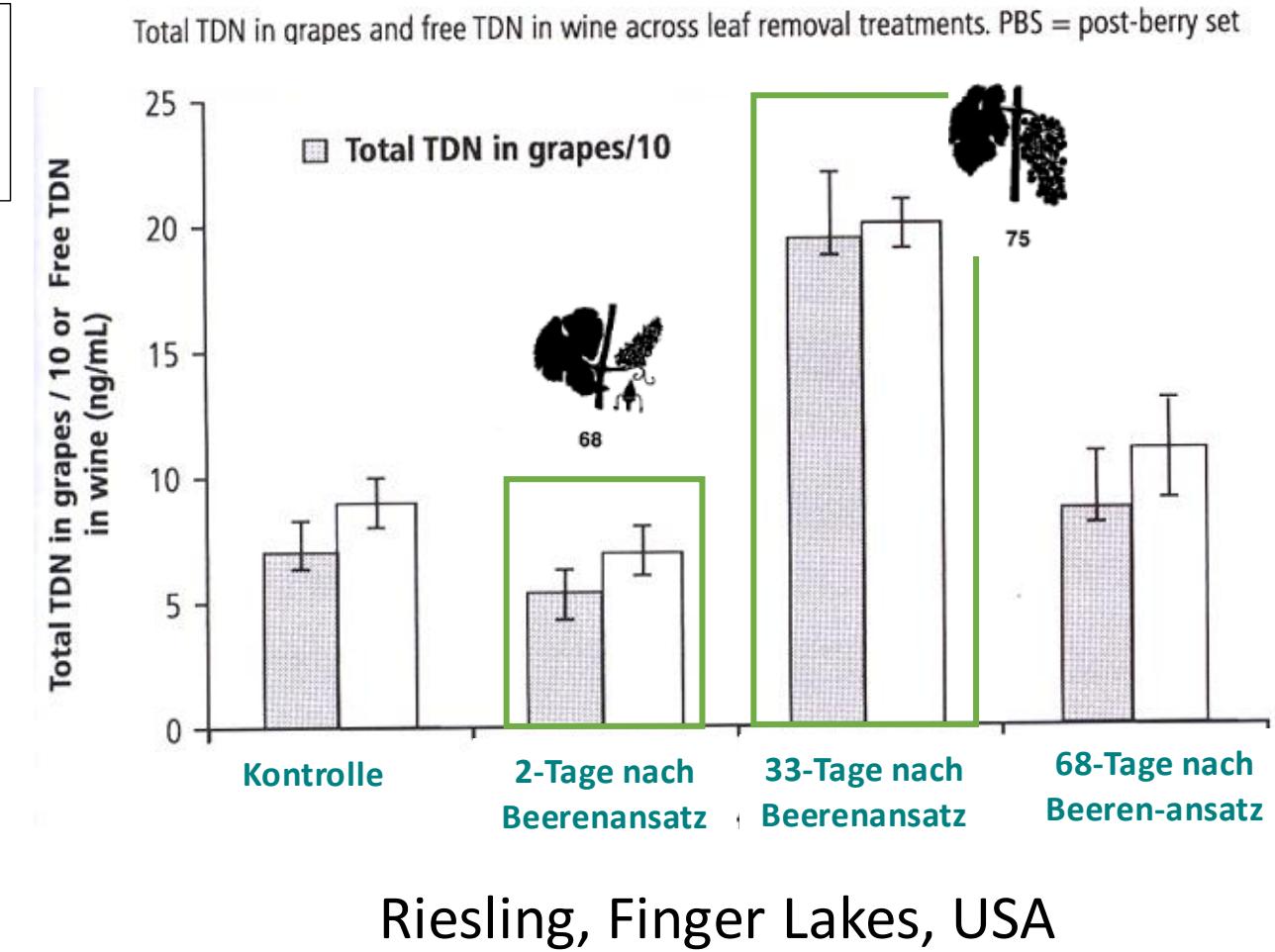
(Hernández-Orte et al. 2015)

C₁₃-Norisoprenoide: Bildung von TDN (Vorstufen)

TDN reagiert auf Licht und Temperatur



Aber es scheint auf den Zeitpunkt anzukommen!



C₁₃-Norisoprenoide: Bildung von TDN (Vorstufen)

Table 3.13 Total vitispirane* and total TDN concentrations in grape musts [µg/L] obtained from the viticulture experiments, as sum of free and acid hydrolysed vitispiranes and TDN; with C: non-irrigated control; I: irrigated; IdB: irrigated, defoliated at flowering and defoliated at veraison; IdV: irrigated and defoliated at veraison**

vintage	treatment	total vitispirane	total TDN
2008	C	42.5 (0.2) ^a	4.5 (0.6) ^a
	I	40.0 (0.3) ^b	1.9 (0.8) ^b
2009	C	125.3 (1.7) ^a	1.1 (0.2) ^a
	I	46.5 (0.5) ^b	9.3 (0.6) ^b
	IdB	48.7 (3.3) ^b	6.5 (2.5) ^b
	IdV	42.0 (0.7) ^c	26.6 (2.4) ^c
2010	C	67.0 (1.9) ^a	1.0 (0.4) ^a
	I	70.8 (2.6) ^a	1.0 (0.1) ^a
	IdB	64.9 (2.8) ^a	0.7 (0.3) ^a

n = 3; standard deviation is indicated in parenthesis; differing letters indicate statistical significance within a vintage (Holm-Sidak method; p<0.05); *total vitispirane include free and acid hydrolysed vitispirane isomers; **total TDN include free and acid hydrolysed TDN

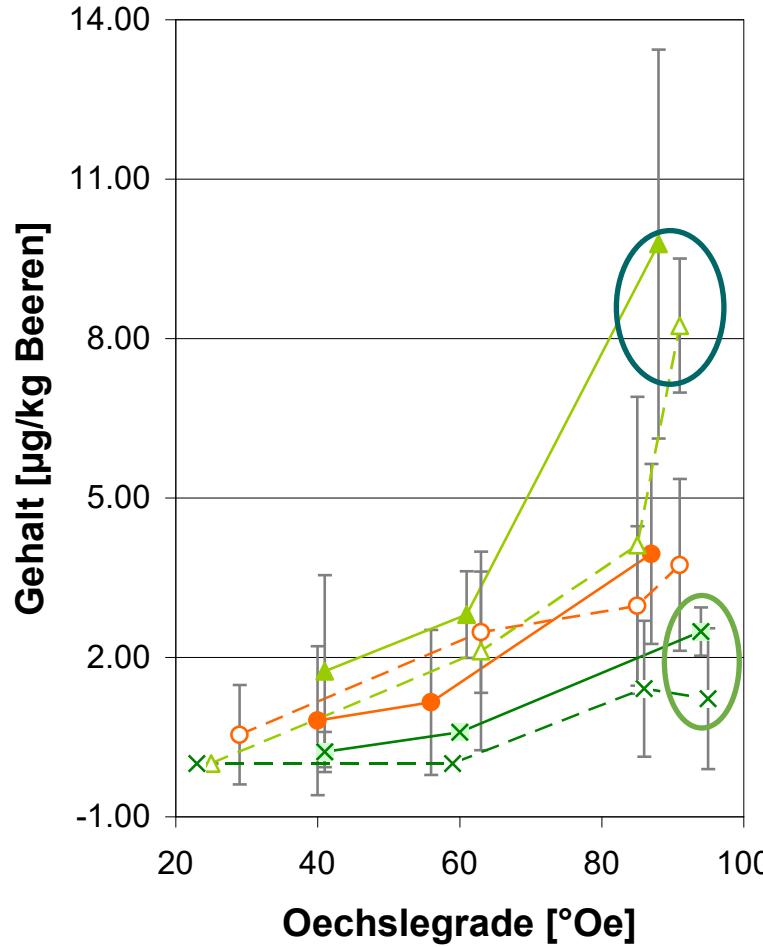
Ähnliche Ergebnisse auch im Rheingau

Nicht bewässert
Bewässert

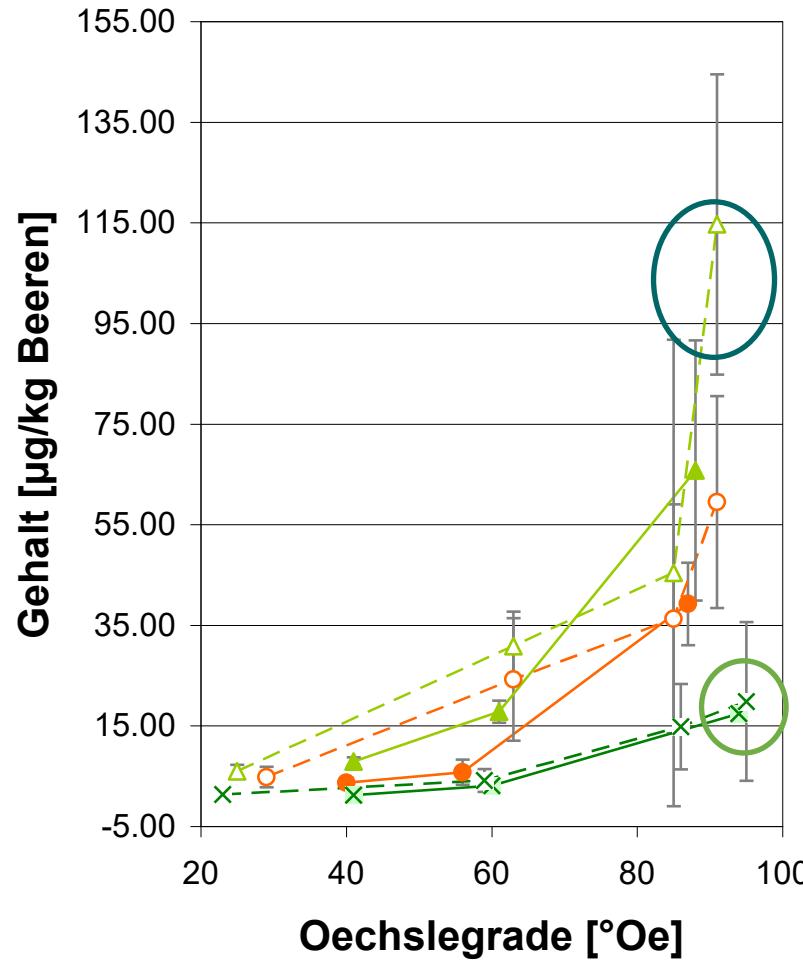
Bewässert, entblättert zur Blütezeit
Bewässert, entblättert zur Véraison

C₁₃-Norisoprenoide: Bildung von TDN (Vorstufen)

Vitispiran A



TDN

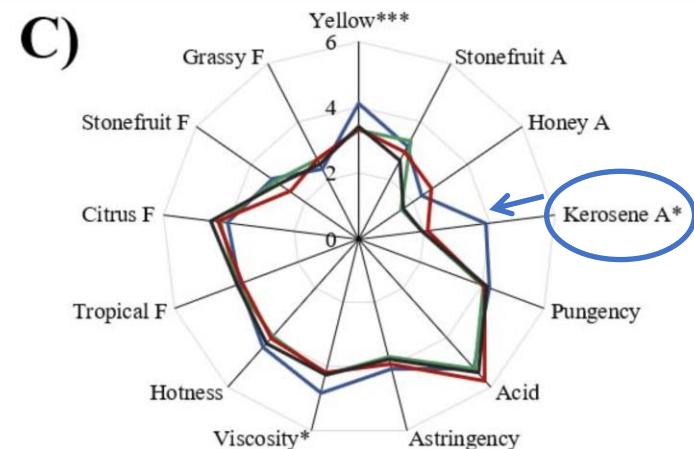


- **Entblätterung** provoziert die **Bildung von TDN**
- **Abschattung reduziert** TDN
- Der **niedrigste TDN-Wert mit dem Netz**

TDN, andere Aromastoffe: Einfluss von Schattierungsnetze

Analyte		2018 vintage					2019 vintage			
one-year-old	Control	Green	Red	Black		Control	Green	Red	Black	
Linalool	22.2 ± 4.2 ^a	10.4 ± 2.9 ^{b,c}	6.6 ± 1.5 ^c	9.0 ± 1.2 ^{b,c}		23.2 ± 1.2 ^A	18.6 ± 2.5 ^A	10.9 ± 1.4 ^B	19.2 ± 1.7 ^A	
α-Terpineol	37.2 ± 5.9 ^a	12.8 ± 2.2 ^b	14.5 ± 1.3 ^b	13.1 ± 1.0 ^b		41.0 ± 2.2 ^A	17.5 ± 1.9 ^B	20.4 ± 2.0 ^B	14.8 ± 1.2 ^B	
β-Damascenone	13.1 ± 4.1	10.0 ± 1.3	13.7 ± 3.2	16.5 ± 4.8		19.9 ± 1.9	23.8 ± 4.1	13.2 ± 3.0	24.2 ± 2.8	
TDN	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		9.6 ± 1.1 ^A	n.d.	5.7 ± 0.5 ^B	n.d.	
two-years-old	Control	Green	Red	Black						
Linalool	6.0 ± 2.8 ^a	6.0 ± 0.2 ^a	n.d.	n.d.						
α-Terpineol	39.3 ± 7.4 ^a	18.6 ± 0.3 ^b	13.2 ± 1.1 ^b	15.6 ± 0.7 ^b						
β-Damascenone	8.4 ± 7.0 ^a	n.d.	n.d.	5.1 ± 0.7 ^a						
TDN	16.5 ± 0.3 ^a	n.d.	8.6 ± 1.1 ^b	n.d.						

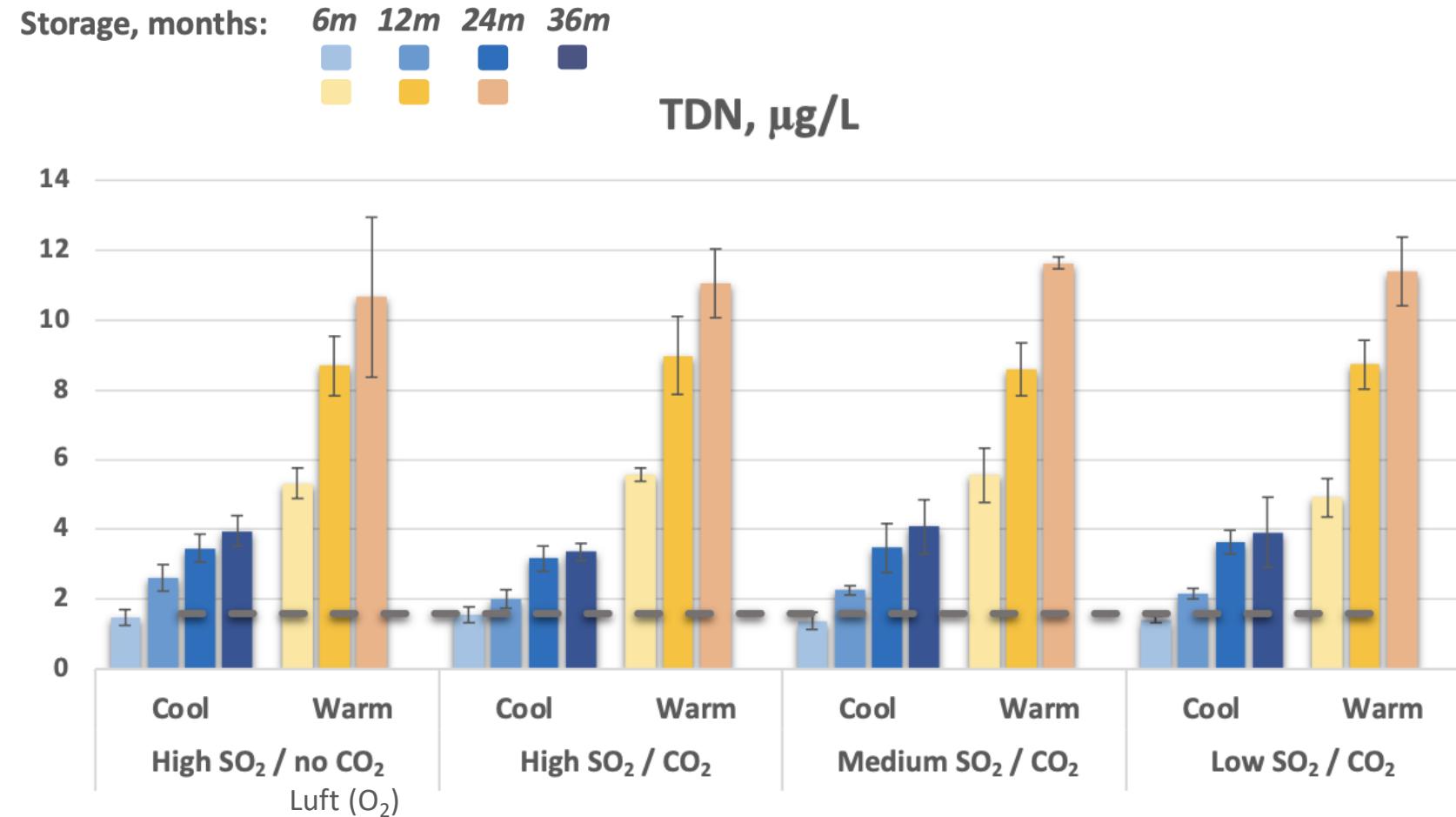
Schattierungsnetze: grün, rot und schwarz;
alle inert, locker gewebt, mit einer nominellen Lichtdurchlässigkeit von 70 %



Weitere Faktoren, die den TDN-Gehalt beeinflussen

- **Unterschiede im TDN-Gehalt zwischen Klonen:**
 - **Roter Riesling** und **Neustadt 90** → eher **niedriger TDN**-Gehalt
 - **B 1091** (Elsaß) → eher **hoher TDN**-Gehalt (gebundenes TDN fast immer > 100µg/L)
 - die **Geisenheimer Klonen** → **mittlere TDN**-Gehalte
Freies TDN meist über der Geruchsschwelle (Elsass-Klonen je nach Jahrgang auch niedriger)
- **Unterlagen:**
 - **Wüchsige Unterlagen** → höhere TDN-Gehalte
 - **SO4** und **3309** → eher geringere TDN-Gehalte
- **Kompakte Trauben haben weniger TDN** (z.B. Neustadt 90), das kann allerdings keine richtige Option sein.
- **Lesezeitpunkt: späte Lese** → **höherer TDN**-Gehalt
- **Hefen** haben **unterschiedliche** Freisetzungaktivitäten von gebundenem **TDN**:
 - **Oenoferm Riesling** → **höhere TDN**-Freisetzung
 - **EC1118** → **geringere TDN**-Freisetzung
 - Spontanvergärung?
- **pH: niedrigere pH**-Werte → tendenziell **höhere TDN**-Gehalte

Faktoren der Weinlagerung: Auswirkungen auf den TDN

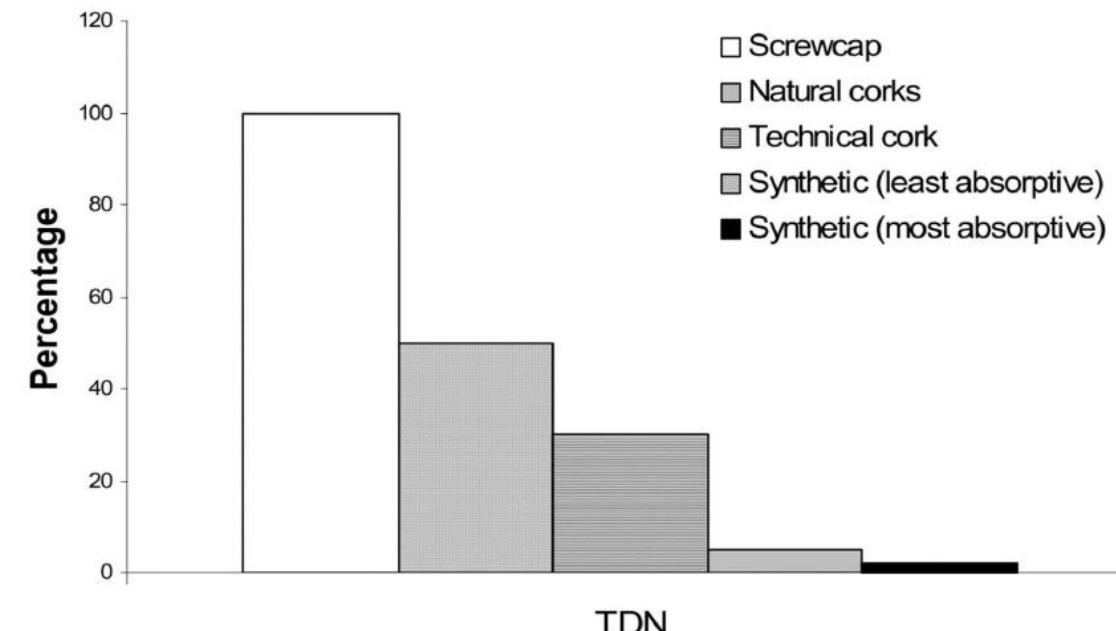
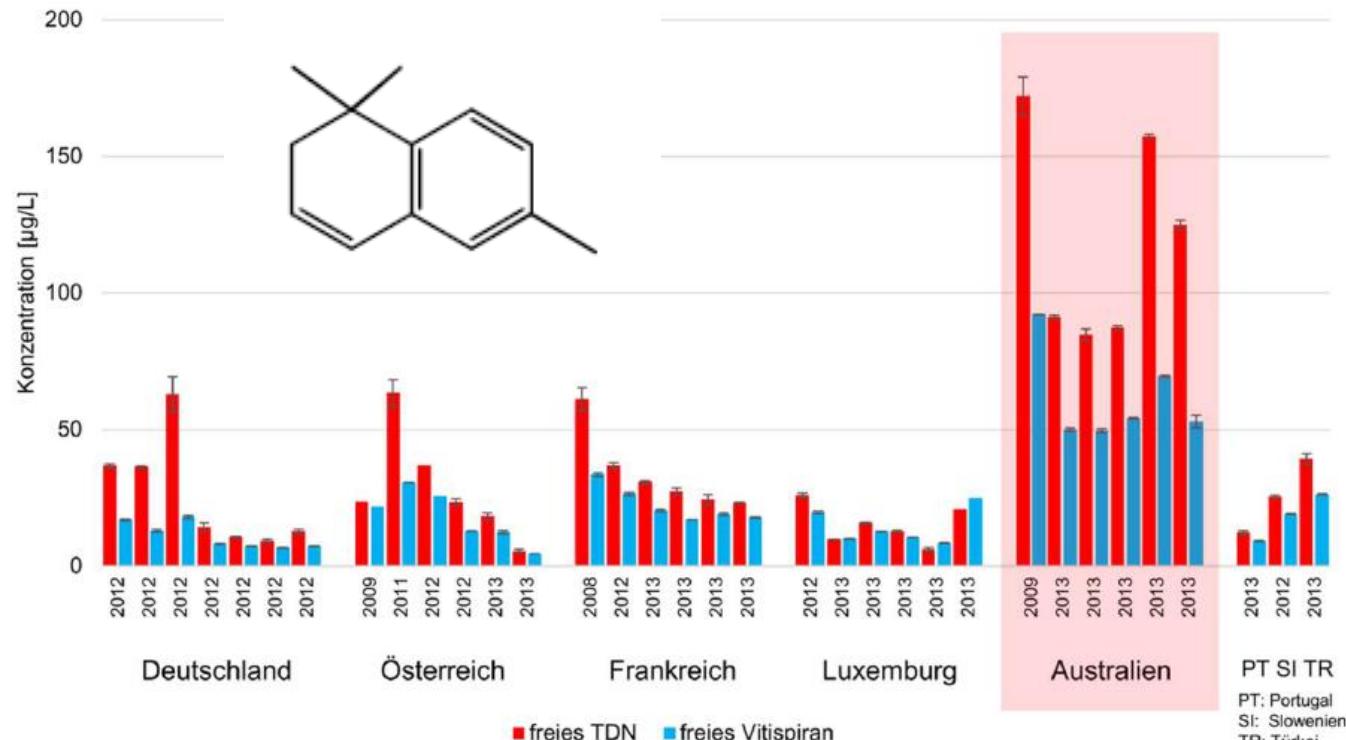


Faktoren, die TDN beeinflussen :

- Lagerzeit Ja
- Lagertemperatur Ja
- O_2 im Kopfraum Nein
- SO_2 -Gehalt im Wein Nein

Faktoren der Weinlagerung: Auswirkungen auf den TDN

Concentrations of TDN in Riesling wine from different countries (Winterhalter 2015)

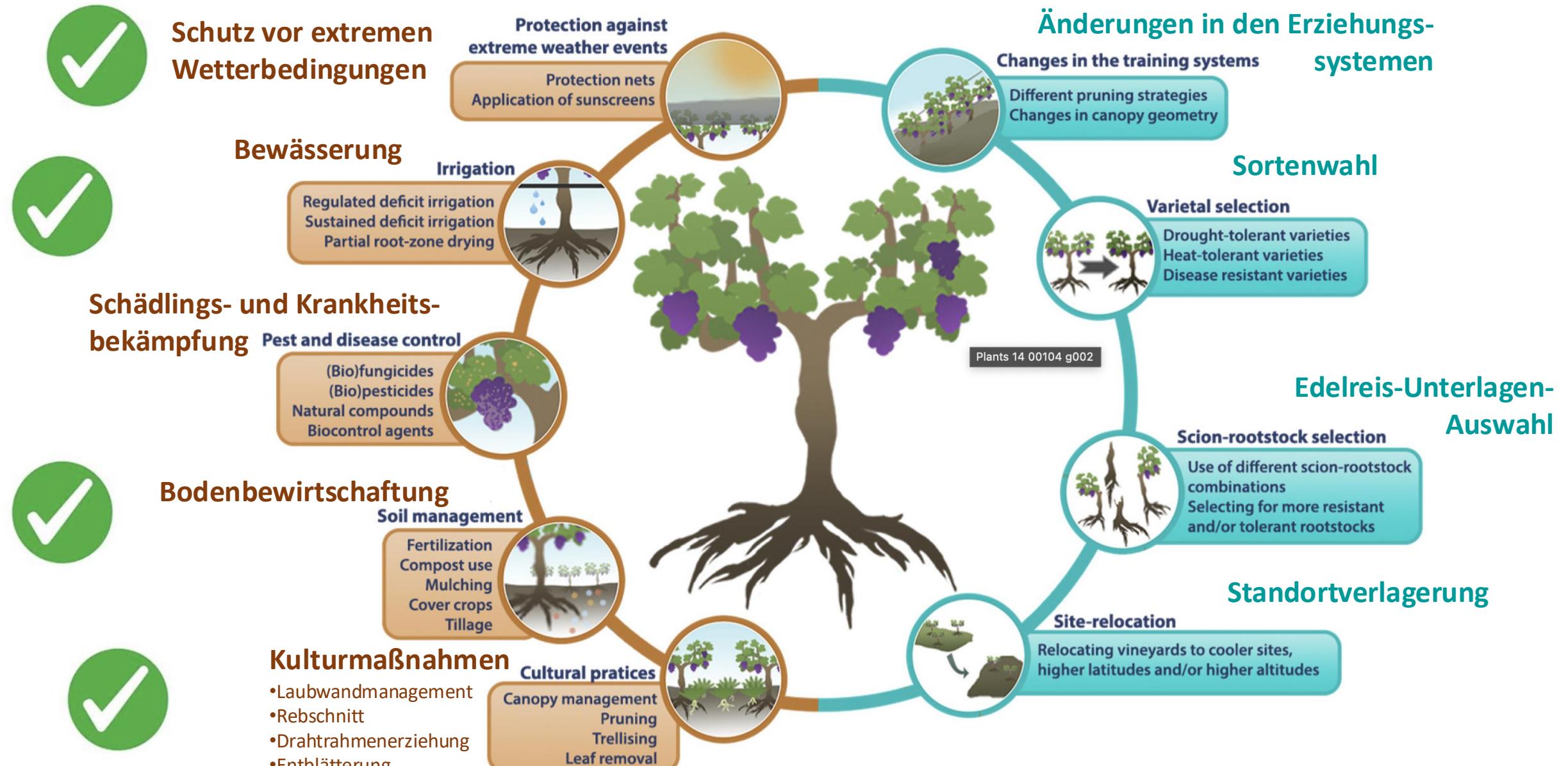


- **Heißes und sonniges Klima erhöht die Bildung von TDN** Vorstufen (Kwasniewski et al. 2010)
- **Entblätterung** → erhöht den TDN-Wert im Wein
- **Das erklärt aber nicht den großen Unterschied im TDN-Gehalt** zwischen australischen und europäischen Rieslingweinen

- **TDN ist eine hydrophobe Verbindung** (im Gegensatz zu vielen anderen Aromamolekülen im Wein)
- Da es hydrophob ist, **kann TDN durch hydrophobes Material** von Weinverschlüssen aus dem Wein **absorbiert (skalpiert)** werden

- Einleitung: Riesling-Traubenparameter
- Klimawandels weltweit und im Rheingau
- Auswirkungen des Klimawandels auf Riesling
 - Zucker- und Säuregehalte
 - Aromastoffe
- Fazit: Anpassung an den Klimawandel im Weinbau

Fazit: Anpassung an den Klimawandel im Weinbau



TDN-Projekte in Hochschule Geisenheim



**Dr. Andrii
Tarasov**



**Prof. Dr.
Doris Rauhut**



**Prof. Dr.
Hans R. Schultz**



The Australian Wine
Research Institute



Sowie viele weitere
Kolleg:innen



**Dr. Yevgeniya
Grebneva**



**Prof. Dr.
Manfred Stoll**



**Mr. Christoph
Schuessler**



**Prof. Dr.
Rainer Jung**

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit :)**



**Dr. Andrii
Tarasov**



**Prof. Dr.
Doris Rauhut**



**Prof. Dr.
Hans R. Schultz**