

# Einfluss von Kupferbehandlungen im Weinbau auf Gärung und Typizität der Sorten ‘Sauvignon blanc’ und ‘Gewürztraminer’

PHILIPP ZUBLASING<sup>1</sup> und ULRICH PEDRI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> I-39050 Eppan (BZ), St. Apolloniastraße 2/A

<sup>2</sup> Land- und Forstwirtschaftliches Versuchszentrum Laimburg  
I-39040 Post Auer (BZ), Pfatten  
E-Mail: Ulrich.Pedri@provinz.bz.it

*Durch den in Südtirol immer stärker zu spürenden Trend hin zum biologischen Weinbau gewinnt Kupfer als Pflanzenschutzmittel gegen den Falschen Mehltau (*Plasmopara viticola*) wieder stärker an Bedeutung. In der Kellerwirtschaft wird Kupfer hingegen als Mittel zur Behandlung von Böckser verwendet. Dabei reagiert Kupfer mit schwefelwasserstoffhaltigen Substanzen im Wein. Auch das sortentypische Aroma von ‘Sauvignon blanc’ ist zum Teil von solchen Verbindungen geprägt, während jenes von ‘Gewürztraminer’ maßgeblicher von Terpenen und flüchtigen Phenolen geprägt ist. Kupfer kann durch die Behandlungen im Weinbau in die Maische gelangen, wodurch eine gärstörende Wirkung auftreten kann. Ein zügiger Gärungsverlauf ist aber Voraussetzung für reintonige und sortentypische Weine. Der Effekt von neun Kupferbehandlungen im Weinbau auf den Gärungsverlauf und die Regionstypizität von ‘Sauvignon blanc’ und ‘Gewürztraminer’ unter Südtiroler Bedingungen wurde geprüft. Die Mengen an Kupfer in den einzelnen Versuchsvarianten wurden gemessen, es konnte aber bei keiner der beiden Sorten ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen Kupferapplikation und Verlust an Typizität festgestellt werden. Bei den mit Reinzuchtheften beimpften Varianten konnte kein signifikanter Einfluss des Kupfers auf den Gärungsverlauf festgestellt werden. Hingegen wies Kupfer bei Spontangärungen in Einzelfällen einen hemmenden Einfluss auf.*

**Schlagwörter:** Wein, Kupfer, Gärverlauf, Aroma, Typizität

***Influence of copper treatments in viticulture on fermentation and typicity of the varieties ‘Sauvignon blanc’ and ‘Gewürztraminer’.*** Due to the increasing tendency towards organic viticulture in South Tyrol copper is gaining in importance as a plant protection agent against downy mildew (*Plasmopara viticola*). In winemaking copper is applied against Boeckser off-flavour. Copper reacts with hydrogensulphide-containing substances in wine. The true-to-variety aroma of ‘Sauvignon blanc’ is partly determined by such compounds, while the aroma of ‘Gewürztraminer’ is much more determined by terpenes and volatile phenols. Through the treatments in the vineyards copper can get into the mash, potentially resulting in fermentation disorders. However, an uninterrupted fermentation process is a prerequisite for clean, pure and true-to-variety wines. The effect of nine copper treatments in the vineyard on the fermentation process and the regional typicity of ‘Sauvignon blanc’ and ‘Gewürztraminer’ under South Tyrolean winegrowing conditions was examined. The amounts of copper in the different experimental variants were measured, but none of the two varieties showed a direct correlation between copper application and a reduced typicity. No significant influence of copper on the fermentation process was found with the variants inoculated with selected yeasts. With spontaneous fermentations in some cases an inhibitory influence of copper was found.

**Keywords:** wine, copper, course of fermentation, aroma, typicity

***L’influence des traitements au cuivre dans la viticulture sur la fermentation et la typicité des cépages ‘Sauvignon blanc’ et ‘Gewürztraminer’.*** Grâce à la tendance croissante à la viticulture biologique observée au Tyrol du Sud, le cuivre en tant que produit phytosanitaire contre le mildiou de la vigne (*Plasmopara viticola*) reprend de l’importance. Dans l’œnologie, le cuivre est cependant utilisé comme moyen de lutte contre le goût de bock. Le cuivre réa-

*git avec les substances contenant de l'hydrogène sulfuré dans le vin. L'arôme typique du cépage 'Sauvignon blanc', lui aussi, est partiellement marqué par ces composés, tandis que celui du 'Gewürztraminer' se caractérise plus particulièrement par les terpènes et les phénols volatils. Suite aux traitements effectués dans la viticulture, le cuivre peut s'infiltrer dans la maische, ce qui peut perturber la fermentation. Une fermentation rapide est cependant la condition nécessaire à l'obtention de vins francs de goût et de caractère variétal. L'effet de neuf traitements au cuivre dans la viticulture sur le processus de la fermentation et la typicité régionale du 'Sauvignon blanc' et du 'Gewürztraminer' sous les conditions du Tyrol du Sud a été examiné. Les quantités de cuivre dans les différentes variantes faisant l'objet de l'essai ont été mesurées ; cependant, on n'a pu détecter, pour les deux cépages, aucun rapport immédiat entre l'application du cuivre et la perte de typicité. Pour les variantes vaccinées de levures sélectionnées, on n'a pu constater aucune influence significative du cuivre sur le processus de la fermentation. En revanche, le cuivre présentait, dans certains cas, un effet inhibant sur les fermentations spontanées.*

**Mots clés :** vin, cuivre, processus de la fermentation, arôme, typicité

Kupfer ist nach wie vor ein häufig eingesetztes Element während der gesamten Weinbereitung. Es wird sowohl im Weinbau als auch in der Kellerwirtschaft eingesetzt. Durch den im letzten Jahrzehnt zu beobachtenden Trend vom konventionellen zum biologischen Weinbau erlebt Kupfer als Pflanzenschutzmittel eine Renaissance, wenngleich es nie wirklich aus den Spritzprogrammen der Weinwirtschaft gänzlich verschwunden ist.

In der Landwirtschaft werden verschiedene Kupfersalze als Pflanzenschutzmittel eingesetzt. Die Kupferionen üben eine hohe Toxizität gegenüber Algen, Bakterien und Pilzen aus. Die Toxizität macht man sich im Weinbau vor allem gegen den Peronosporapilz zunutze. Die fungizide Wirkung von Kupfer beruht auf der Blockade des Enzymsystems im Stoffwechsel der Mikroorganismen. In den Anfängen der Verwendung von Kupfer als Pflanzenschutzmittel wurden hohe Konzentrationen ausgebracht, wodurch es zu phytotoxischen Schäden an den Reben kam, obwohl die Rebe eine hohe Kupferverträglichkeit aufweist. In den 30er Jahren des vorigen Jahrhunderts wurden zunehmend organische Fungizide entwickelt, welche bis heute ständig weiterentwickelt wurden. Trotz allem hat Kupfer immer noch eine bestimmte Bedeutung. Vor allem im biologischen (ökologischen) Weinbau ist es noch unersetzbar, da der Peronosporapilz keine Resistenzen gegenüber Kupfer aufweist. Außerdem ist es preisgünstig und hat eine kurze Karenzzeit (WAGENITZ, 2003).

Kupfer, welches aus den Trauben in den Most gelangt, hat zusätzlich noch den Vorteil, dass es kaum in den Wein übergeht. WÜRDIG und WOLLER (1989) haben herausgefunden, dass das Kupfer während der alkoholischen Gärung nahezu vollständig als Kupfersulfid ( $\text{CuS}$  oder  $\text{Cu}_2\text{S}$ ) ausfällt und im Wein kaum mehr nachweisbar ist. Gleichzeitig kann durch die Präsenz des Kupfers während der Gärung vielfach die Akku-

mulation von Schwefelwasserstoff verhindert und somit einer unerwünschten Bockserbildung vorgebeugt werden.

In der Vergangenheit wurden in der Weinbereitung häufig Legierungen mit Kupfer vor allem in Armaturen, wie beispielsweise in Pumpengehäusen, eingesetzt, wodurch es zu einem unerwünschten Eintrag von Kupfer in den Wein kam. Aber auch durch den Zusatz von Kupfersulfat zur Bockserbehandlung kam es zu erhöhten Kupferkonzentrationen im Wein, welche zu Trübungen führen können (WAGENITZ, 2003). Hauptverantwortlich für das Aroma von Weinen der Rebsorte 'Sauvignon blanc' sind zwei verschiedene Gruppen von Aromastoffen, nämlich die Methoxypyrazine und die Gruppe der Thiole. Die Methoxypyrazine sind für die grün-vegetativen Aromenoten verantwortlich. Die wichtigsten Vertreter sind 2-Methoxy-3-isobutylpyrazin (MARAIS, 1994), 2-Methoxy-3-isopropylpyrazin und 2-Methoxy-3-butylpyrazin, welche den Geruchseindruck von "grünem Pfeffer", "grünem Paprika" und "Spargel" bewirken. Der Geruchsschwellenwert ist extrem niedrig und liegt beispielsweise bei 2-Methoxy-3-isobutylpyrazin bei 2 ng/l.

Die zweite aromabestimmende Substanzgruppe des 'Sauvignon blanc' sind die Thiole oder Mercaptane. Dies sind flüchtige, schwefelhaltige Verbindungen (DARRIET et al., 1995) mit Noten von Cassis, Buchsbaum, Passionsfrucht, Ginster und Grapefruit (TOMINAGA et al., 2000). Die wichtigsten Vertreter sind neben 4-Mercapto-4-Methyl-pentan-on das 3-Mercaptohexylacetat, 4-Mercapto-4-Methyl-pentan-2-ol, 3-Mercaptohexan-1-ol und 3-Mercapto-3-Methylbutan-1-ol. Laut PEYROT DES GACHONS (2002) besitzen die flüchtigen Thiole geruchlose Vorstufen, welche an die Aminosäure Cystein gebunden sind (TOMINAGA et al., 1998). Aus diesen geruchlosen Präkursoren werden während der alkoholischen Gärung die geruchsaktiven Thiole freigesetzt. Untersuchungen von PEY-

ROT DES GACHONS (2002) ergaben, dass die Konzentration der Präkursoren viel größer ist als jene der flüchtigen Thiole. Die Umwandlungsrate beträgt je nach Thiol zwischen 1,4 % und 4,2 %. Der Großteil dieser Präkursoren wird also nicht in eine Aromaverbindung umgewandelt. Hierzu hat PEYROT DES GACHONS (2002) drei Hypothesen aufgestellt: a) Entweder haben sich einige dieser Präkursoren verwandelt, oder b) die Aromaverbindungen werden von den Hefen metabolisiert, oder c) die Thiole sind im gärenden Wein sehr instabil und werden abgebaut.

Eine hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung deutlich von 'Sauvignon blanc' abweichende Aromatik weist 'Gewürztraminer' auf. Verantwortlich für das typische Aroma von 'Gewürztraminer' sind vor allem Terpene. Sie kommen als frei flüchtige Verbindungen oder als an Zucker gebundene Verbindungen vor (WILSON et al., 1986). Die wichtigsten Vertreter sind Linalol, Alpha-Terpineol, Nerol, Geraniol, Citronellol und Hotrienol, welche an die Essenz von Rosen erinnern (RIBÉREAU-GAYON et al., 2005). Die Erkennungsschwellenwerte dieser Substanzen liegen zwar ebenfalls relativ tief und sind im Bereich von Mikrogramm. Im Vergleich zu den Thiolen sind die Schwellenwerte der Terpene aber um einen Faktor  $10^5$  bis  $10^6$  höher.

Bemerkenswert ist, dass Kupfer mit den Terpenen nicht reagiert, da sie keine schwefelhaltigen Gruppen enthalten (SCHMIDT, 2002). Durch den höheren Kupfergehalt kann es aber zur stärkeren Bildung von flüchtigen Säuren (CAVAZZA, 2005) und dadurch zu einer indirekten Beeinflussung der Sortentypizität kommen.

Bei hohen Kupfergehalten im Most ( $> 20$  mg/l) können Störungen, wie verzögerter Gärbeginn bis hin zu einem totalen Gärstopp, auftreten. Untersuchungen von CAVAZZA (2005) haben ergeben, dass hohe Kupfergehalte (ca. 30 mg/l) bei Mosten, welche mit kommerziell erhältlichen Hefen beimpft wurden, in einigen Fällen zu Gärproblemen führen können. Zwar war der Großteil der untersuchten Hefen gegenüber hohen Kupfergehalten resistent, aber einige der untersuchten Hefepräparate wiesen einen verzögerten Gärbeginn auf, und der Gärverlauf war unregelmäßig.

Seit einigen Jahren ist auch bekannt, dass Kupferabschlussbehandlungen im Weinbau einen negativen Effekt auf das Weinaroma haben können. In einer Studie wurde festgestellt, dass durch eine Kupferbehandlung im Weinberg Aromen reduziert wurden, die für das Sortenbukett einiger Rebsorten wichtig sind (DARRIET et al., 2001). Untersucht wurden die Rebsorten

'Sauvignon blanc', 'Cabernet Sauvignon' und 'Merlot', welche alle charakteristische Thiolverbindungen in ihrem Aromaspektrum aufweisen. Infolge einer Kupferbehandlung wurden nicht nur die negativen schwefelhaltigen Fehlgerüche, sondern auch die positiven sortentypischen Aromen deutlich verringert. Besonders stark litt der Wein der Sorte 'Sauvignon blanc' unter dem Verlust von sortentypischem Aroma. Die maßgeblich betroffene Substanz ist 4-Methyl-4-Mercaptopentanon, das mit dem Aroma der Schwarzen Johannisbeere vergleichbar ist. Gleichfalls bestätigt dies auch die Erfahrung aus der Praxis, dass Weine, welche mit Kupfersulfat geschönt sind, gleichförmiger, leerer und weniger intensiv im Aroma sind. Durch die Reaktion der schwefelhaltigen Verbindungen (vornehmlich Substanzen mit Thiolgruppen) mit dem Kupfer werden diese chemisch verändert und verlieren ihre negativen Gerüche, aber auch ihre positiven Eigenschaften (SCHMIDT, 2002). Auch DUBOURDIEU und DARRIET (1993) bestätigen, dass die Präsenz von Kupfer im Most ab einer bestimmten Konzentration einen nicht wieder gut zu machenden Verlust der Typizität von Weinen der Sorte 'Sauvignon blanc' verursachen kann.

Auf Grund der bisher getätigten Aussagen war es von Interesse zu testen, welche Auswirkung ein für den biologischen Weinbau typischer Pflanzenschutz mit einer intensiven Kupferausbringung auf den Gärverlauf und die Aromatik von Weinen der Sorte 'Sauvignon blanc' hat. Als Vergleichssorte wurden dieselben Versuche mit 'Gewürztraminer' durchgeführt, da diese Rebsorte wenige schwefelhaltige Aromastoffe aufweist.

## Material und Methoden

Bei beiden Sorten, 'Gewürztraminer' und 'Sauvignon blanc', wurden alle Spritzungen, Probenahmen, Messungen und Analysen in gleicher Art und Weise durchgeführt, um Abweichungen durch unterschiedliche Behandlungen zu vermeiden.

## Versuchsaufbau

Bei dem Freilandversuch im Jahr 2007 wurden bei jeder Behandlung bei einer Wasseraufwandsmenge von 1000 l/ha, 400 g Reinkupfer/ha (Kocide 3000® von Du Pont®) ausgebracht. Es wurden fünf verschiedene Varianten von keiner Kupferbehandlung bis hin zu neun Kupferbehandlungen durchgeführt: Kontrollvariante ("Kontrolle"), drei Kupferbehandlungen

in der Nachblüte ("3 x Cu früh"), sechs Kupferbehandlungen ganzjährig ("6 x Cu"), neun Kupferbehandlungen ganzjährig ("9 x Cu"), drei Kupferbehandlungen vor der Ernte ("3 x Cu spät"). Genauere Angaben können Tabelle 1 entnommen werden.

## Weinausbau

Um den optimalen Reifezeitpunkt zu bestimmen, wurden im wöchentlichen Abstand Reifetests durchgeführt. Der Weinausbau erfolgte nach einem standardisierten Verfahren. Es wurden Vinifikationen im Kleinbehälter (20 l) und Nanovinifikationen (1 l) als Gärleistungstests zur Messung der Gärgeschwindigkeit durchgeführt. Ziel des Gärleistungstests ist es, die Gärgeschwindigkeit der Varianten und Wiederholungen zu bewerten und eventuelle Gärprobleme zu erkennen. Die geernteten Trauben wurden separat nach Sorte, Variante und Wiederholung verarbeitet. Nach dem Pressen wurden die Moste geschwefelt, entschleimt und vergoren. Die Gärung verlief bei konstanter Temperatur (20 °C), und es wurden Trockenreinzuchthefen zugesetzt, Zymaflore VL3 (Fa. Laffort Oenologie, Frankreich) für 'Sauvignon blanc' und Flavour 2000 (Fa. Enologica Vason, Italien) für 'Gewürztraminer'. Nach vollendeter Gärung wurden die Weine abgezogen, mit 30 mg/l schwefeliger Säure versetzt, in einer Kühlzelle (ca. 4 °C) für ca. eine Woche gelagert, schließlich im Keller bei ca. 15 °C aufbewahrt und nach einigen Wochen abgefüllt.

Die Moste bzw. Weine wurden folgenden Analysen unterzogen: Mostgewicht (°KMW), pH-Wert, Gesamtsäure (g/l), Alkohol (%vol.), Gesamtextrakt (g/l), zuckerfreier Extrakt (g/l), Restzucker (g/l), Äpfel- und Weinsäure (g/l) und Gesamtpolyphenole nach FOLIN (mg/l). Außerdem wurden verschiedene Aro-

maanalysen (höhere Alkohole, freie und gebundene Aromastoffe) durchgeführt. In den verschiedenen Stadien der Weinbereitung (Reifetest, Most, Entschleimungstrub, entschleimter Most, Hefegeläger, Wein) wurden dem Most bzw. Wein Proben entnommen, welche im Labor auf den Kupfergehalt (mg/l) untersucht wurden.

## Verkostung

Die Verkostung wurde mit der von KOBLER (1996) publizierten Methode durchgeführt. Die Weine wurden von einer Verkostungskommission bewertet. Alle Auswertungen wurden mit Hilfe von MS Excel™ 2003 und des Statistikprogramms SPSS® 12.0 für Windows durchgeführt.

## Ergebnisse

In Abbildung 1 wird der Kupfergehalt im Traubenmost während der Reife dargestellt. Die letzte Kupferbehandlung erfolgte am 13. August, und es ist zu erkennen, dass mit fortschreitender Reife der Kupfergehalt in den Beeren zurückgeht. Es werden zwischen den Varianten der Kontrolle und "9 x Cu" bei der Sorte 'Sauvignon blanc' Kupfergehalte von 0,5 bis 4,3 mg/l gemessen. Bei der Sorte 'Gewürztraminer' lagen die Werte zwischen 0,5 und 10,0 mg/l. Bei 'Sauvignon blanc' gab es zu den verschiedenen Zeitpunkten der Reife signifikante Unterschiede in den Kupfergehalten zwischen den Varianten "Kontrolle", "3 x Cu früh" und "3 x Cu spät" einerseits, und den Varianten "6 x Cu" und "9 x Cu". Bei 'Gewürztraminer' gab es signifikante Unterschiede zwischen den Varianten "Kontrolle" und "3 x Cu früh" und den anderen drei Varianten.

Tab. 1: Versuchsaufbau Jahrgang 2007

Sorte	Variante	Cu gesamt (kg)	Behandlungszeitpunkte
Gewürztraminer (Ölleiten-Kaltem)	Kontrolle	0	keine
	3 x Cu früh	1,2	4., 14. und 25. Juni
	6 x Cu	2,4	3., 10., 17. und 24. Juli; 3. und 13. August
	9 x Cu	3,6	4., 14. und 25. Juni; 3., 10., 17. und 24. Juli; 3. und 13. August
	3 x Cu spät	1,2	24. Juli; 3. und 13. August
Sauvignon blanc (Weißplatter-Meran)	Kontrolle	0	keine
	3 x Cu früh	1,2	4., 14. und 25. Juni
	6 x Cu	2,4	3., 10., 17. und 24. Juli; 3. und 13. August
	9 x Cu	3,6	4., 14. und 25. Juni; 3., 10., 17. und 24. Juli; 3. und 13. August
	3 x Cu spät	1,2	24. Juli; 3. und 13. August

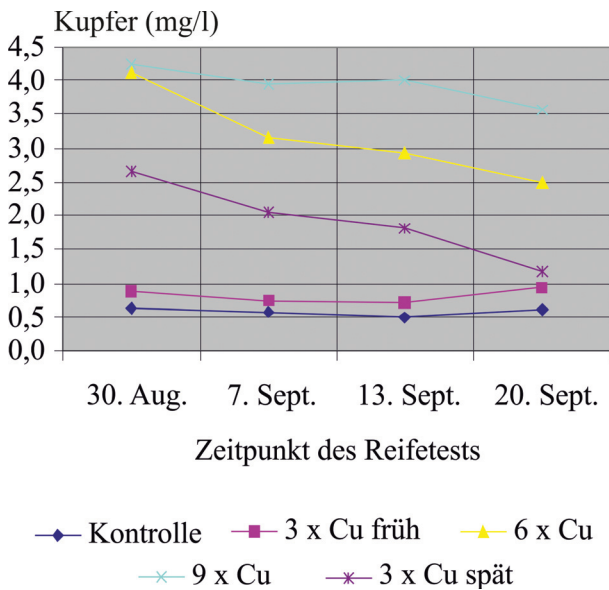


Abb. 1: Entwicklung der Kupfergehalte im Traubenmost während der Reife bei der Sorte 'Sauvignon blanc'

Bei der Sorte 'Gewürztraminer' korrelierte der Kupfergehalt im Most bei der Lese mit dem Mostgewicht, wobei sich die hohen Kupfergehalte durch die häufigen Behandlungen negativ auf das Mostgewicht auswirkten. Bei 'Sauvignon blanc' konnte dieser Zusammenhang nicht beobachtet werden. Der Gärleistungstest beider Sorten, sowohl mit Trockenreinzuchthefer als auch mit Spontangärung, ließen deutlich einen Einfluss von Kupfer auf die Gärung erkennen. Insbesondere die alkoholische Gärung ohne Einsatz von Reinzuchthefer (Spontangärung) verlief bei den ver-

schiedenen Varianten der Sorte 'Gewürztraminer' unterschiedlich. So begann die Spontangärung bei der ungespritzten Kontrollvariante bei 'Gewürztraminer' nach 49 Stunden (Abb. 3), während die mit Kupfer gespritzten Varianten erst nach 72 Stunden mit der Gärung starteten. Die langsamsten Gärverläufe hatten die Varianten "3 x Cu früh", "6 x Cu" und "9 x Cu", wobei sich die zwei letztgenannten von der Kontrollvariante signifikant unterschieden. Lediglich bei der ungespritzten Kontrollvariante und der Variante "3 x Cu spät" lag ein zügiger Gärverlauf vor.

Bei den Mosten der Sorte 'Gewürztraminer', welche mit Reinzuchthefer beimpft wurden (Abb. 2), gab es zwischen den Varianten keine so deutlichen Unterschiede. Auch bei den Gärverläufen der Sorte 'Sauvignon blanc' gab es zwischen den Varianten keine Unterschiede, unabhängig davon, ob mit Reinzuchthefer oder spontan vergoren wurde.

Bei den durchgeführten Weinanalysen gab es zwischen den Varianten keine signifikanten Unterschiede.

Aus den vier Grafiken der Abbildung 4 ist ersichtlich, dass es bei der sensorischen Beschreibung der Weine zwar kleine Unterschiede zwischen den Varianten gab, die statistische Auswertung ergab aber, dass diese nicht signifikant waren.

In den Abbildungen 5 und 6 sind die Kupfergehalte in den verschiedenen Stadien der Weinbereitung dargestellt. Zwischen den beiden Sorten gab es Unterschiede in den Kupfergehalten der Proben. Bei 'Gewürztraminer' wurden immer höhere Gehalte analysiert, welche aber nicht sortenbedingt, sondern dem Bewirtschaftungssystem bzw. der unterschiedlichen Bearbeitung zuzuschreiben sind. Die einzelnen Varianten konnten gut voneinander unterschieden wer-

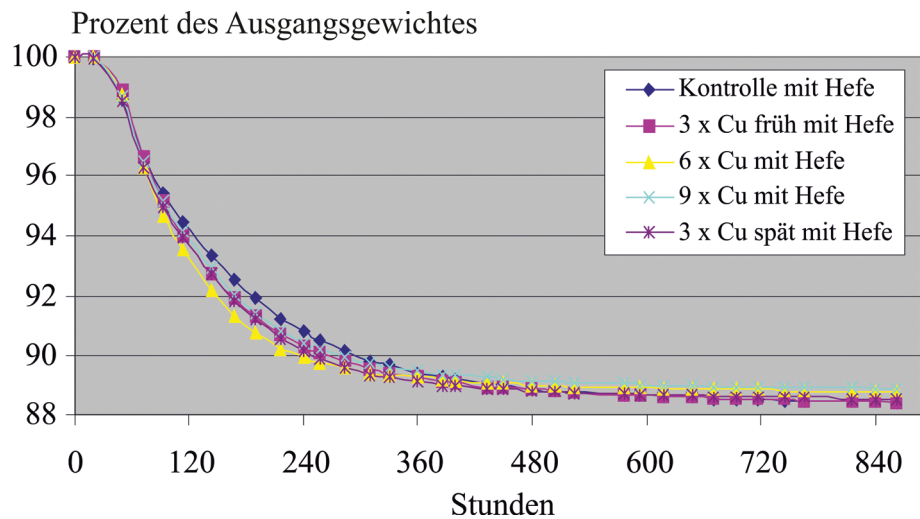


Abb. 2: Gärleistungstest bei mit Reinzuchthefer beimpften Mosten der Sorte 'Gewürztraminer'

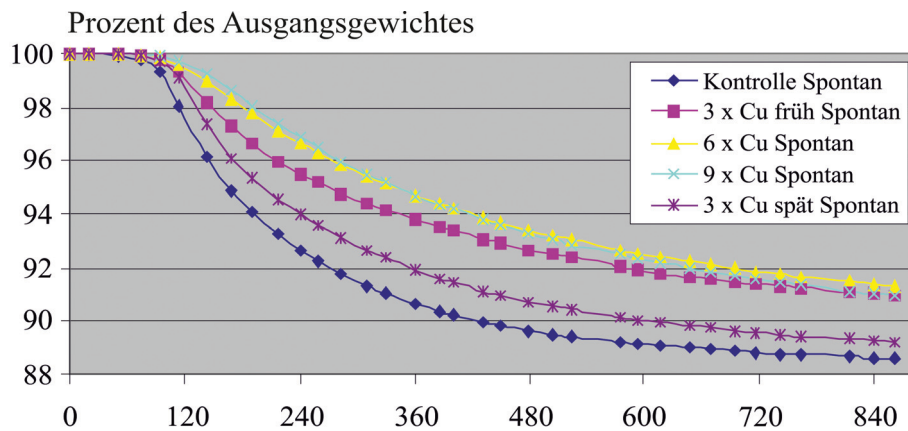


Abb. 3: Gärleistungstest bei spontan vergorenen Mosten der Sorte 'Gewürztraminer'

den, und je öfter und je später die Kupferbehandlung durchgeführt wurde, desto höher waren die Gehalte zu den verschiedenen Zeitpunkten der Weinbereitung. Während der Gärung verringert sich der Kupfergehalt der Moste (0,7 bis 11,7 mg/l) deutlich, sodass im Wein nur noch Bruchteile davon zu finden sind (n.n. bis 0,47 mg/l). Korrespondierend reichert sich das Kupfer in den verschiedenen Sedimenten des Weines an (Entschleimungsstrub, Hefegeläger), wobei im Hefegeläger am meisten Kupfer enthalten ist.

Bei den Aromaanalysen konnte kein sicherer Zusammenhang zwischen der Kupferbehandlung und den analysierten Aromastoffen gefunden werden, da ein Unterschied meistens nur bei einer Sorte auftrat und dieser nicht zwingend dem Kupfer zugesprochen werden konnte.

## Diskussion

Die Häufigkeit der Behandlungen steht in Zusammenhang mit dem Kupfergehalt im Most. Betrachtet man die Kupfergehalte der Moste, so weist die Kontrollvariante immer den tiefsten Gehalt auf. Es folgen die Varianten "3 x Cu früh", "3 x Cu spät", "6 x Cu" und "9 x Cu". Die Unterschiede sind signifikant. Die unterschiedlichen Kupfergehalte der verschiedenen Varianten stimmen mit der Aussage von HATZIDIMITRIOU et al. (1996) überein, welche besagt, dass die Kupferkonzentration im Most proportional zur Anzahl der Behandlungen ist. Auch der Einsatzzeit-

punkt der Behandlung kann eine wichtige Rolle spielen, denn eine späte Kupferbehandlung im Weingarten kann den Gehalt an Thiolen und somit die "typischen" Aromastoffe des 'Sauvignon blanc' reduzieren (DARRIET et al., 2001). Auch eine Kupferschönung kann zu einer deutlichen Aromaveränderung führen, da die Thiole mit Kupfer zu einer geruchslosen Verbindung reagieren (DARRIET et al., 2001). Im Zuge der Studie konnte bei der Sorte 'Gewürztraminer' ein negativer Zusammenhang zwischen dem Kupfergehalt im Most und dem Mostgewicht zum Zeitpunkt der Lese festgestellt werden.

Betrachtet man die verschiedenen Kurven der Gärleistungsversuche, so kann festgestellt werden, dass die mit Reinzuchthefer beimpften Proben eine gleichmäßige Gärung unabhängig von Variante und Sorte hatten. Somit konnten die Ergebnisse von CAVAZZA (2005) nicht bestätigt werden, wonach es bei hohen Kupfergehalten (30 mg/l) zu Gärproblemen und Gärstopps kommen kann. Gesondert zu betrachten sind aber praxisübliche Probleme, die darauf beruhen, dass bei Gärproblemen Hefegeläger von einem anderen Wein zum stockenden Most dazugegeben wird, welches möglicherweise bereits hohe Kupfergehalte aufweist. Infolgedessen könnten die von CAVAZZA (2005) beschriebenen Gärprobleme durch zu hohe Kupfergehalte im gärenden Most zustande kommen.

Bei der Spontangärung gab es bei der Sorte 'Gewürztraminer' Unterschiede zwischen den Kupferspritzvarianten, welche vor allem in der Hauptgärphase und in der Endgärphase sichtbar waren. Die Gärung der

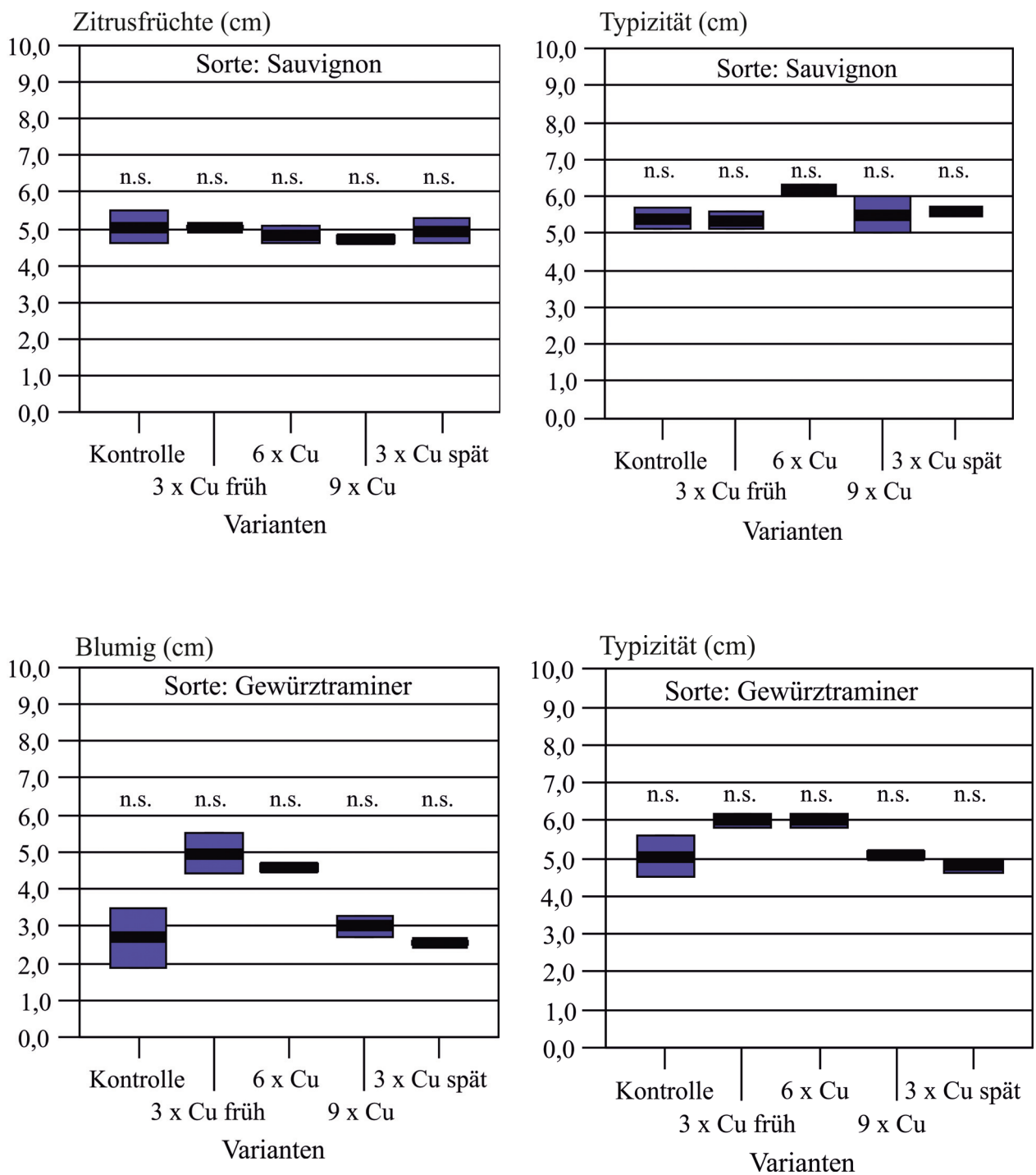


Abb. 4: Ergebnisse der sensorischen Bewertungen

Kontrollvariante war immer am schnellsten und am gleichmäßigsten und unterschied sich signifikant von den Varianten "6 x Cu" und "9 x Cu", welche zu jedem Zeitpunkt die schlechteste Gärung aufwiesen. Bei den Verkostungen wurden die verschiedenen Varianten der Weine beider Sorten sehr ähnlich bewertet. Die Ergebnisse von 'Gewürztraminer' wiesen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten auf. Beobachtet man aber alle Ergebnisse zusammen,

so kann gesagt werden, dass die Varianten "3 x Cu früh" und "6 x Cu" in der Summe der Verkostungsergebnisse tendenziell am besten bewertet wurden. Bei der Sorte 'Sauvignon blanc' war bei einem Großteil der Parameter kein Unterschied zu erkennen. Somit konnte die Aussage von DUBOURDIEU und DARRIET (1993) nicht bestätigt werden, welche besagt, dass die Präsenz von Kupfer im Most ab einer bestimmten Konzentration (2,5 mg/l Kupfer) einen nicht wieder-gutzumachenden Verlust der Typizität bei Weinen der Sorte 'Sauvignon blanc' verursachen kann. Beim Aromadeskriptor "Schwarze Johannisbeere" wiesen die Varianten "6 x Cu" und "9 x Cu" die höchsten Werte auf. Aber auch bei diesem Parameter waren die Unterschiede sehr gering und nicht signifikant. Somit konnten die Ergebnisse von DARRIET et al. (2001) nicht bestätigt werden, welche bei 'Sauvignon blanc' bei einer späten Kupferbehandlung einen Verlust von sortentypischem Aroma beobachteten.

Durch die verschiedenen Prozesse in der Weinbereitung geht ein großer Teil des Kupfers, welches im Most war, verloren. Während der Gärung fällt das Kupfer fast quantitativ als unlösliches Sulfid aus, welches dann im Hefetrub entfernt wird (RIBÉREAU-GAYON et al., 2005). Vor allem im Entschleimungs-trub und im Hefegeläger findet man den höchsten Gehalt an Kupfer. Im Wein selbst bleibt nur noch ein geringer Teil des Kupfers zurück. Vergleicht man die Kupfergehalte im Most und anschließend nach vollendeter Gärung im Wein, so kann eine Abnahme des Kupfergehalts um 75 bis 98 % festgestellt werden. Je höher die Kupfergehalte im Most waren, desto größer war die Abnahme. Durch die statische Mostklärung fielen bereits 12 bis 47 % des Kupfers aus, welches sich

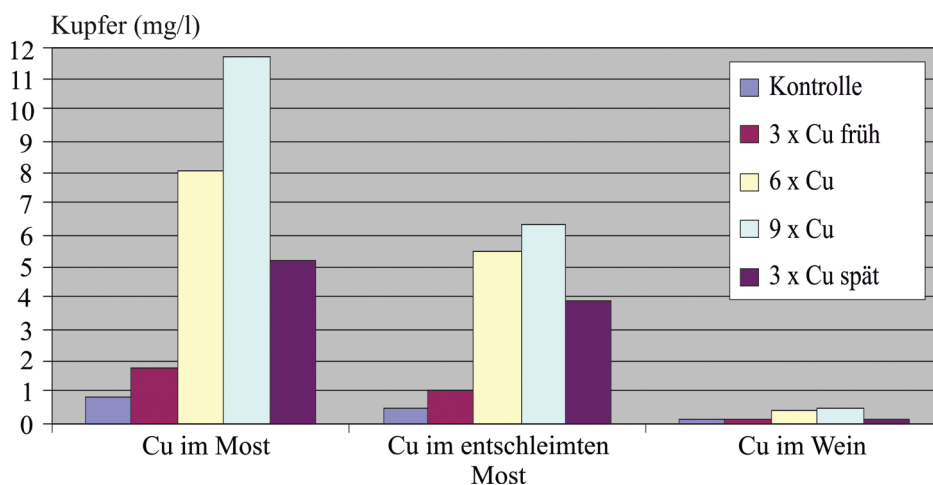
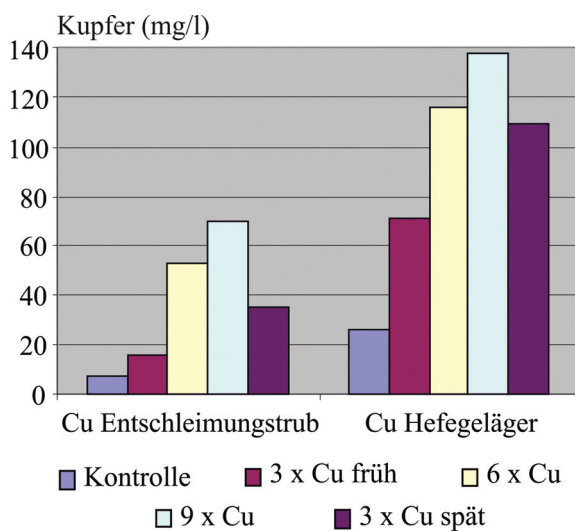


Abb. 5 u. 6: Kupfergehalte in Most, entschleimtem Most und Wein bei 'Gewürztraminer'

im Entschleimungsstrub anreicherte. Der Rest und größere Teil des Kupfers präzipitierte während der alkoholischen Gärung und wurde mit dem Hefegläser vom Wein entfernt. Im Wein waren somit noch 0,09 bis 0,51 mg/l Kupfer enthalten. Somit bestand bei hohen Kupferapplikationen im Weingarten doch eine gewisse Gefahr für eine Kupfertrübung im Wein, da GÄRTEL (1985) berichtet, dass es bereits ab 0,5 mg/l Kupfer im Wein zu Trübungen kommen kann. Der gesetzliche Grenzwert für Kupfer im Wein liegt bei 1 mg/l (RIBÉREAU-GAYON et al., 2005), unter diesem Gesichtspunkt ist also kein Problem zu erwarten. Vergleicht man den Kupfergehalt im Most mit dem Kupfergehalt im Wein, so findet man bei der Sorte 'Gewürztraminer' den Zusammenhang, dass bei höheren Kupfergehalten im Most auch die Gehalte im Wein höher sind. Bei der Sorte 'Sauvignon blanc' waren ähnliche Tendenzen erkennbar, welche aber nicht so stark ausgeprägt waren.

Bei den Aromaanalysen wurden einige Substanzen gefunden, deren Gehalte sich zwischen den Sorten und Varianten unterschieden. Es konnte dabei aber kein Zusammenhang zwischen der Kupferbehandlung und dem analysierten Aromastoff gefunden werden, da ein Unterschied meistens nur bei einer Sorte auftrat und nicht der Kupferapplikation im Weingarten zugeschrieben werden kann. Somit konnten Aussagen von DARRIET et al. (2001) nicht bestätigt werden, wonach eine Kupferbehandlung im Weinberg Aromen reduzieren kann, welche für einige Rebsorten wichtig sind. Einschränkend muss aber festgehalten werden, dass in vorliegender Arbeit die von DARRIET et al. (2001) beschriebenen Thiole nicht analysiert wurden. Es konnten aber anhand der Verkostungsergebnisse keine Zusammenhänge zwischen den Kupferapplikationen und der sensorischen Ausprägung des Sortenaromas erkannt werden.

## Schlussfolgerung

Es konnte festgestellt werden, je öfter und je später eine Kupferbehandlung durchgeführt wurde, desto signifikant höher waren die Kupfergehalte im Most, im Wein und in den verschiedenen Sedimenten. Das Kupfer im Most fiel während der Gärung zum größten Teil aus und war somit im Wein nur in geringen Mengen zu finden. Zwischen den Weinen der verschiedenen Kupferbehandlungsvarianten konnten gewisse sensorische Unterschiede zwar festgestellt werden, es war aber nicht möglich, diese eindeutig dem Kupfer zuzuschreiben. Auf Grund der in diesem Ver-

such gemachten Erfahrungen kann postuliert werden, dass sich intensive Kupferbehandlungen im Weinbau nicht negativ auf die Typizität der geprüften Sorten 'Sauvignon blanc' und 'Gewürztraminer' auswirken. Jedoch könnten häufige Kupferbehandlungen zu Gärproblemen und Trübungen im Wein führen und dadurch negative Effekte auf die Weinqualität haben.

## Hinweis

Die Daten wurden im Rahmen einer Diplomarbeit erarbeitet, welche bei Prof. Dr. H. R. SCHULTZ (Hochschule RheinMain, Fachbereich Geisenheim) eingereicht wurde.

## Literatur

- CAVAZZA, A. (2005): Cinetiche di fermentazione in mosti con diversi contenuti di rame. – San Michele all'Adige: Istituto Agrario, 2005 ([www.laimburg.it/download/Cinetiche\\_di\\_fermentazione\\_in\\_mosto\\_con\\_diversi\\_contenuti.pdf](http://www.laimburg.it/download/Cinetiche_di_fermentazione_in_mosto_con_diversi_contenuti.pdf))
- DARRIET, P., TOMINAGA, T., LAVIGNE, V., BOIDRON, J.N. and DUBOURDIEU, D. 1995: Identification of a powerful aromatic component of *Vitis vinifera* L. var. Sauvignon wines: 4-Mercapto-4-methylpentan-2- on. *Flavour Fragrance J.* 10: 385-392
- DARRIET, P., BOUCHILLOUX, P., POUPOT, C., BUGARET, Y., CLERJEAU, M., SAURIS, P., MEDINA, B. and DUBOURDIEU, D. 2001: Effects of copper fungicide spraying on volatile thiols of the varietal aroma of Sauvignon blanc, Cabernet Sauvignon and Merlot wines. *Vitis* 40(2): 93-99
- DUBOURDIEU, D. e DARRIET, P. 1993: Ricerche sull'aroma varietale del Sauvignon. *Vignevini* 20(7/8): 38-41
- GÄRTEL, W. 1985: Belastung der Weinbergsböden durch Kupfer. *Berichte über Landwirtschaft* 168: 123-133
- HATZIDIMITRIOU, E., BOUCHILLOUX, P., DARRIET, P., BUGARET, Y., CLERJEAU, M., POUPOT, C., MEDINA, B. et DUBOURDIEU, D. 1996: Incidence d'une protection viticole anticryptogamique utilisant une formulation cuprique sur le niveau de maturité et l'arôme variétal des vins de Sauvignon. *Bilan de trois années d'expérimentation. J. Int. Sci. Vigne Vin* 30: 133-150
- KOBLER, A. 1996: La valutazione sensoriale dei vini ed il controllo degli assaggiatori mediante l'uso di schede di analisi sensoriale non strutturate. *Riv. Vitic. Enol.* 49(4): 3-18
- MARAIS, J. 1994: Sauvignon blanc cultivar aroma – a review. *S.A. J. Enol. Vitic.* 15(2): 41-45
- PEYROT DES GACHONS, C., TOMINAGA, T. and DUBOURDIEU, D. 2002: Localization of S-cysteine conjugates in the berry: effect of skin contact on aromatic potential of *Vitis vinifera* L. cv. Sauvignon blanc must. *Am. J. Enol. Vitic.* 53: 144-146
- RIBÉREAU-GAYON, P., GLORIES, Y., MAUJEAN, A. e DUBOURDIEU, D. (2005): *Trattato di enologia* II. – Bologna: Edagricole, 2005
- SCHMIDT, O. 2002: Kupfer als Behandlungsmittel – wiegen die Vorteile die Nachteile auf? *Rebe und Wein* 54(9): 20-23

- TOMINAGA, T., PEYROT DES GACHONS, C. and DUBOURDIEU, D. 1998: A new type of flavour precursors in *Vitis vinifera* L. cv. Sauvignon blanc: S-cystein conjugates. *J. Agric. Food Chem.* 46(12): 5215-5219
- TOMINAGA, T., BALTENWECK-GUYOT, R., PEYROT DES GACHONS, C. and DUBOURDIEU, D. 2000: Contribution of volatile thiols to the aromas of white wines made from several *Vitis vinifera* grape varieties. *Am. J. Enol. Vitic.* 51: 178-181
- WAGENITZ, J. (2003): Kupfer – Edles Metall, wichtiges Pflanzenschutzmittel und belastendes Schwermetall. – D-67435 Neustadt: DLR Rheinhessen-Nahe-Hunsrück, 2003 ([www.dlr.rlp.de](http://www.dlr.rlp.de))
- WILSON, B., STRAUSS, C.R. and WILLIAMS, P.J. 1986: The distribution of free and glycosidically-bound monoterpenes among skin, juice, and pulp fractions of some white grape varieties. *Am. J. Enol. Vitic.* 37: 107-111
- WÜRDIG, G. und WOLLER, R. (1989): *Chemie des Weines*. – Stuttgart: Ulmer, 1989

Manuskript eingelangt am 5. Oktober 2010