

Auszug von der Veröffentlichung in „das deutsche weinmagazin Nr. 13, Seite 18 bis 25 vom 28. Juni 2008“.Die ausführliche Darstellung der mikrobiologischen Befunde finden Sie in der angegebenen Literatur. Weitergehende Informationen bei J. V. Herrmann.

Untersuchungen zum Einfluss der schwefeligen Säure und der Ascorbinsäure auf die Entwicklung der Mikroorganismenflora bei der Spontangärung

Josef V. Herrmann, Erna Schindler, Christine Maier, Martin Geßner und Rudolf Miltenberger

Die „Spontangärung“ als ein Stilmittel zur Gewinnung regionalgeprägter, individueller, „authentischer“ Weine gewinnt in der Weinwirtschaft zunehmend an Bedeutung. Die Kontrolle bzw. die Einflussnahme auf die weitgehend autonomen Prozesse bei der Spontangärung ist nur sehr begrenzt möglich. Die vorliegende Arbeit untersucht den Einfluss des Zusatzes von schwefeliger Säure bzw. Ascorbinsäure auf die Entwicklung der Mikroorganismenflora und die Sensorik der Weine.

Die Ökologie der Gärung

Die Gärung mit ihren komplexen biologischen und biochemischen Abläufen kann als ein Ökosystem verstanden werden. Eine Vielfalt verschiedener Mikroorganismen lebt in spezifischen Wechselbeziehungen miteinander und in Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung des Mostes. Durch ihre Stoffwechselaktivitäten verändern sie fortlaufend ihr Umfeld und verursachen damit eine sukzessive Selektion in der Artenzusammensetzung und der Zahl der Mikroorganismen. Die bei diesen Prozessen abgegebenen Stoffwechselprodukte entscheiden in ihrer Art und Konzentration über den sensorischen Charakter des Weines.

In den frühen Stadien der Gärung finden sich im Most neben Bakterien zahlreiche Hefearten aus den Gattungen *Hanseniaspora*/*Kloeckera*, *Candida*, *Metschnikowia*, *Pichia*, *Saccharomyces*. Diese „Spontanflora“ wird von der Wildhefe *Hanseniaspora uvarum* (anamorph: *Kloeckera apiculata*) deutlich dominiert. Mit zunehmendem Alkoholgehalt werden die Wildhefen durch gärstärkere und alkoholtolerantere Stämme der Art *Saccharomyces cerevisiae* ersetzt. Das Muster nach dem die verschiedenen Hefegattungen und Hefearten während der Gärung auftreten, ist offensichtlich sehr einheitlich und unabhängig von der Herkunft des Mostes. Die Zusammensetzung und die Dynamik der an der Gärung beteiligten Hefestämme differiert jedoch von Gärung zu Gärung. So treten während der Spontangärung verschiedene *S. cerevisiae*-Stämme parallel und auch sukzessive in Erscheinung, wobei gegen Ende der Gärung ein oder zwei Stämme dominieren. Die *S. cerevisiae*-Stämme, die die Gärung durchführen sind solche, die auf den Oberflächen in den Kellereien vorkommen. Die phasenweise Dominanz unterschiedlicher Stämme der Nicht-Saccharomyceten- und Saccharomyceten-Hefen während der Gärung ist insbesondere auch deswegen von herausragender Bedeutung, weil ihre jeweiligen spezifischen Stoffwechselprodukte die Sensorik der Weine entscheidend beeinflussen. Eingehende Untersuchungen zeigten, dass bei den Nicht-Saccharomyceten (z. B. *Torulaspora delbrueckii*, *Candida stellata*, *Hanseniaspora uvarum*/*Kloeckera apiculata*) wie auch bei *S. cerevisiae* die Fähigkeit zur Bildung von Gärbegleitstoffen (z. B. Acetaldehyd, Essigsäure, Es-

igsäureethylester) stammspezifisch außerordentlich variabel ist. Diese Hefen und ihre Stämme sind für die spätere sensorisch positive wie aber auch negative Ausprägung der spontanvergorenen Weine sehr bedeutsam.

Der Segen der Trockenreinzuchthefen. Oder: Die Beherrschung der Gärung

Die Einführung der Trockenreinzuchthefen in die önologische Praxis war eine der bahnbrechendsten Innovationen in der Kellerwirtschaft während der letzten 30 Jahre. Mit den Trockenreinzuchthefen werden konkurrenzfähige *S. cerevisiae*-Stämme mit definierten Eigenschaften in die natürliche Mikroflora eingebracht, damit die Heterogenität der Hefestämme reduziert und die Bildung von höheren Alkoholen und anderen metabolischen Nebenprodukten deutlich verringert. Dadurch wurde es möglich, nicht nur reproduzierbar reintonige und sortentypische Weine auszubauen, sondern auch differenzierte önologische Konzepte zu entwickeln und planbar in die Betriebspraxis umzusetzen. Aber gerade dies führte nach Meinung zahlreicher Weinerzeuger und Weinkonsumenten im Laufe der Zeit zu uniformen, beliebig austauschbaren Weinen, ohne regionalen Bezug und Individualität.

Ein bisschen „spontan“ wäre schon recht!

Die geringeren Gehalte an höheren Alkoholen, Isoamylacetat und Ethylacetat in den mit Trockenreinzuchthefen vergorenen Weinen betrifft gerade jene Komponenten, die das vielschichtige sensorische Spiel, die Fülle und die Komplexität spontan vergorener Weine prägen.

Demzufolge begannen vor etwa 10 Jahren einzelne experimentierwillige Winzer und Önologen die Spontangärung in ihren verschiedenen Spielarten wieder verstärkt in der Weinbereitung zuzulassen. Je nach Region und Betriebsstruktur hat sich mittlerweile der Interessentenkreis erheblich erweitert und nicht wenige Winzer sind dabei, ihre eigenen Erfahrungen zu sammeln. Die Motivation sich auf das vergleichsweise höhere Risiko einer Gärung ohne Trockenreinzuchthefen einzulassen, liegt sicherlich darin, mit der Spontangärung über ein „Stilmittel“ zu verfügen, das zu individuellen, regional- und betriebsgeprägten, „authentischen“ Weinen führen kann. Es ist aber auch nicht zu verkennen, dass heute Weincharaktere akzeptiert und teilweise sogar gesucht werden, die so in den 70er und 80er Jahren des letzten Jahrhunderts abgelehnt worden wären. Zudem ist zu berücksichtigen, dass die verstärkte Einbeziehung der Grundsätze ökologischer und nachhaltiger Landbewirtschaftung in den Weinbau auch die Spontangärung einschließt.

Risikomanagement der Spontangärung mit SO₂ oder Ascorbinsäure?

Die besondere Herausforderung der Spontangärung besteht darin, das Risiko von ungünstigen Gärungen und damit die Entwicklung von Weinfehlern möglichst zu vermeiden.

Im Folgenden werden über Ergebnisse und Erfahrungen aus dreijährigen Versuchen zu Möglichkeiten des „Risikomanagements“ bei der Spontangärung berichtet. Hierbei wurden die Auswirkungen einer Zugabe von schwefeliger Säure oder Ascorbinsäure zum Traubenmost auf die Mikroorganismenflora während der Gärung, auf die Gärbegleitstoffe und die Sensorik der Weine untersucht.

Es wurde erwartet, dass die schwefelige Säure mit ihrem breiten Wirkungsspektrum, insbesondere ihren antioxidativen und bioziden Wirkungen in den Mosten das Spektrum und die Zahl der Mikroorganismen so dezimiert, dass die SO₂-toleranteren *S. cerevisiae*-Hefen einen Selektionsvorteil erhalten und die Gärung von Beginn an dominieren. Die Zugabe der Ascorbinsäure erfolgte unter der Absicht, die sauerstoffbedürftigen Wildhefen und deren Einwirkungen auf die Gärung zu begrenzen.

Versuchsdurchführung und Methoden

Rebsorte, Moste

Wie bereits durch Miltenberger ausgeführt, ist nach unseren Erfahrungen die Gärung ohne Trockenreinzuchthefen nur bei gesunden, physiologisch reifen Trauben, vorzugsweise spätreifender Rebsorten anzuraten. Unsere Versuche wurden mit Mosten der Rebsorte Silvaner aus den Lagen Thüngersheimer Scharlachberg (2005 und 2006) und Marktheidenfelder Kreuzberg (2007) durchgeführt. Die analytischen Kennzahlen dieser Moste sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Analytische Daten der Moste

	Jahrgang 2005	Jahrgang 2006	Jahrgang 2007
Mostgewicht (°Oe)	91	94	83
Gesamtsäure (g/l)	6,6	7,1	7,4
pH-Wert	3,4	3,4	3,5
Weinsäure (g/l)	5,9	4,2	5,7
Äpfelsäure (g/l)	3,9	4,5	4,5
YANC (mg/l)	242	270	394
- Ammonium (mg/l)	46	49	132
- NOPA (mg/l)	196	221	262

Die Moste wurden nach dem Pressen zur Vorklärung betriebsüblich mit pektolytischen Enzymen versetzt und nach der Sedimentation über Nacht homogen auf die Gärbehältnisse verteilt. Im Jahr 2005 erfolgte die Gärung in 50 l Glasballons, im Jahr 2006 in 100 l und im Jahr 2007 in 300 l Edelstahl tanks.

Im Jahr 2007 wurde den Mosten 30 g/hl eines Kombi-Hefenährstoffpräparates zugesetzt.

Versuchsvarianten

- Trockenreinzuchthefer Lalvin W 10 g/hl (2005/2006), 15 g/hl (2007)
- Spontangärung
- Spontangärung + 50 mg/l SO₂
- Spontangärung + 100 mg/l Ascorbinsäure

Gärführung

Die Gärung erfolgte bei einer Raumtemperatur von 18 – 20 °C. Der Gärverlauf wurde täglich durch refraktometrische Mostgewichtsbestimmung (°Oe) und Temperaturmessung kontrolliert.

Mikrobiologische Diagnostik

Die Proben für die mikrobiologische Diagnostik der an den Gärungen beteiligten Gattungen und Arten wurden nach folgendem Schema entnommen.

Zeitpunkt der Probennahme	Lalvin W	Spontan	Spontan + SO ₂	Spontan + Ascorbinsäure
Ausgang	nach Beimpfung	bei Ansatz	24 Stunden nach Zusatz	nach Zusatz
Gäranfang	3 °Oe Mostgewichtsabnahme			
Gärstart (nur 2006)	10 °Oe Mostgewichtsabnahme			
Gärmitte	30 bis 35 °Oe Mostgewichtsabnahme (ca. 5 % Vol Alkohol)			
Gärende	Gärabschluss			

Ergebnisse und Diskussion

Gärverlauf

Die Gärverläufe zeigen deutliche jahrgangsspezifische Unterschiede.

Im Jahr 2005 (vgl. Abb. 1) wurde aufgrund einer Gärstörung am 10. Tag in allen Varianten gleichermaßen die Endvergärung verzögert, so dass beim Abbruch der Gärung am 32. Tag insbesondere in den Varianten Trockenreinzuchthefer und Spontangärung + SO₂ noch beträchtliche Restzuckeranteile vorlagen (Tab. 2).

In den Jahren 2005 und 2006 (vgl. Abb. 2, 3) verliefen die Gärungen dagegen außerordentlich zügig und alle Varianten waren spätestens nach 3 Wochen abgeschlossen und weitestgehend durchgegoren (Tab. 2.). Während im Jahr 2006 sich die Gärverläufe der Varianten der Spontangärung nahezu parallel verhielten, differenzierten sie sich im Jahr 2007 sehr deutlich, wobei die Zusätze SO₂ und Ascorbinsäure die Gärung erheblich beschleunigten.

In allen Jahren wurde die Angärphase durch den Einsatz der Trockenreinzuchthefer deutlich verkürzt. Dies ist im Wesentlichen dadurch begründet, dass in Folge der Hefeinsaat die für den Gärbeginn kritische Keimzahl von 10⁷ Hefezellen/ml sehr viel früher als in den anderen Varianten erreicht wurde und sich damit in den Jahren 2006 und 2007 die Gesamtgärdauer erheblich verkürzte.

Abbildung 1,2,3: Vergleich der Gärkurven der Jahre 2005 bis 2007

Entwicklungen der Mikroorganismenflora

a) Spontangärung

Die Spontangärungen sind im wesentlichen dadurch charakterisiert, dass in allen Versuchsjahren zum Gärbeginn *K. apiculata* überaus deutlich dominiert und zu diesem Zeitpunkt *S. cerevisiae* lediglich im Jahr 2006 (vgl. Abb. 4) in nur bescheidenem Umfang nachgewiesen werden konnte. In den Jahren 2005 und 2007 trat *S. cerevisiae* erst um die Gärmitte, dann allerdings mit Keimzahlen deutlich über 10^7 /ml in Erscheinung. Die Untersuchungen im Jahr 2006 könnten einen Hinweis darauf geben, dass mit Beginn der Hauptgärung (Gärstart) *S. cerevisiae* die Dominanz erreicht. Aber auch zu diesem Zeitpunkt hatte *K. apiculata* mit nahezu 10^7 Zellen/ml noch einen Anteil von 10 % an der Gesamtkeimzahl. Bei den in den Jahren 2005 und 2007 am Ende der Gärung nachweisbaren Bakterien handelte es sich um Milchsäurebakterien, die in den Weinen einen biologischen Säureabbau verursachten. Dies lässt sich auch durch die erhöhten Werte für Milchsäureethylester, L-Milchsäure und Acetoin (Tab. 2) belegen.

b) Spontangärung + 50 mg/l SO₂

Der Zusatz der schwefeligen Säure reduzierte innerhalb von 24 Stunden die Gesamtkeimzahl in den Mosten um nahezu 90 %. Dies war vor allem durch die deutliche Reduktion von *K. apiculata* bedingt. Dennoch konnte *K. apiculata* in den Jahren 2006 und 2007 mit mehr als 10^6 Zellen/ml zu Gärbeginn und bis zur Gärmitte nachgewiesen werden (vgl. Abb. 5).

Fett

Neben der Verringerung der Gesamtkeimzahl im Most bestand die entscheidende Auswirkung des Zusatzes der schwefeligen Säure jedoch darin, dass *S. cerevisiae* im Vergleich zu den anderen Varianten der Spontangärung bereits zum Gärbeginn mit mehr als 10^7 Keime/ml deutlich über *K. apiculata* und *C. stellata* dominierte oder aber diese, wie im Jahr 2005, stark zurückdrängte.

c) Spontangärung + 100 mg/l Ascorbinsäure

Der Zusatz der Ascorbinsäure zeigte keinen nennenswerten Einfluss auf die Zusammensetzung und Anzahl der Mikroorganismen in den Mosten.

Fett

Die Ascorbinsäure brachte aber offensichtlich frühzeitig Konkurrenzvorteile zugunsten der *S. cerevisiae*-Hefen, so dass diese im Vergleich zur Spontangärung auch in den Jahren 2005 und 2007 bereits zum Gärbeginn mit mehr als 10^6 Zellen/ml nachweisbar waren. Der deutlichste Effekt der Ascorbinsäure bestand darin, dass sich zu Gärbeginn die Verhältnisse von *S. cerevisiae* und *K. apiculata* angleichen und im Vergleich zur Spontangärung damit der Einfluss der *S. cerevisiae*-Hefen auf den Gärverlauf verstärkt wurde (vgl. Abb. 6).

Die im Jahrgang 2007 am Gärende nachgewiesenen Bakterien waren Milchsäurebakterien. Der durch sie verursachte biologische Säureabbau im Wein lässt sich durch erhöhte L-Milchsäure- und Milchsäureethylesterwerte in Tab. 2 belegen.

d) Die Trockenreinzuchtheife Lalvin W im Vergleich

Durch die Zugabe der Trockenreinzuchtheefe wurde *S. cerevisia* bereits im Gäransatz zu einer Hauptkomponente der Mostflora. Mit mehr als 10^7 Zellen/ml und einem Anteil von mehr als 90 % an der Gesamtzellzahl dominierte *S. cerevisia* zum Gäransfang sehr deutlich über *K. apiculata* bzw. *C. stellata* und bestimmte somit die Gärungen und die Gärverläufe. Es ist jedoch nicht zu verkennen, dass die zugesetzte *S. cerevisia* in den Jahren 2005 und 2007 mit der natürlichen Mikroflora zu konkurrieren hatte (vgl. Abb. 7) oder aber, wie im Jahr 2006, die natürliche Mikroflora verdrängte. Die im Jahrgang 2007 am Ende der Gärung nachgewiesenen Bakterien sind im Zusammenhang mit einem biologischen Säureabbau zu sehen, der sich in den erhöhten Gehalten an L-Milchsäure und Milchsäureethylester im Wein (Tab. 2) nachweisen lässt.

Flüchtige Gärbegleitstoffe (vgl. Tab. 2)

Als Ursachen für die größere Aromenvielfalt und das besondere sensorische Spiel der spontan vergorenen Weine werden die vermehrten Gehalte an höheren Alkoholen (z. B. 2-Phenylethanol), flüchtiger Säure und Estern (z. B. Ethylacetat, Isoamylacetat) genannt.

Nachdem *K. apiculata* insbesondere in den Gärungen ohne Trockenreinzuchthefen in der ersten Gärphase dominierte und diese Hefe große Mengen an flüchtiger Säure bilden kann sind in den entsprechenden Varianten erhöhte Gehalte an flüchtiger Säure zu erwarten. Da jedoch in den Jahren 2005 und 2006 in einigen Varianten ein biologischer Säureabbau stattfand (vgl. Tab. 2: L-Milchsäure, Milchsäureethylester, Acetoin), in Folge dessen vermehrt flüchtige Säure wie auch Ethylacetat gebildet werden können, sind hier nur die Daten des 2006er Jahrganges verwendbar. Die Gehalte an flüchtiger Säure und Ethylacetat bewegten sich in den spontan vergorenen Varianten auf vergleichbarem Niveau und waren etwa doppelt so hoch wie bei der Gärung mit der Trockenreinzuchtheefe. Diese Ergebnisse korrelieren sehr gut mit den erheblichen Unterschieden in der Mikroflora in diesen Varianten während der Gärung.

Isoamylacetat (Essigsäurepentylester) ist eine Esterverbindung, die sensorisch an Birne und Banane erinnert und daher wesentlich zum positiven sensorischen Eindruck eines Weines beiträgt. In den Weinen des Jahres 2005, vor allem aber denen des Jahres 2006 wurden in den spontan vergorenen Varianten höhere Gehalte nachgewiesen als in den mit der Trockenreinzuchtheefe vergorenen (Tab. 2). Mit Ausnahme der ohne Zusätze spontan vergorenen Variante war dies auch im Jahr 2007 festzustellen.

Von den höheren Alkoholen ist 2-Phenylethanol der bedeutendste, hat ein rosenähnliches Aroma und wird nach verschiedenen Autoren bei spontanen Gärungen in größeren Mengen gebildet als bei solchen mit Trockenreinzuchthefen. Wie in Tab. 2 ersichtlich, wurde 2-Phenylethanol im Jahr 2006 und vor allem im Jahr 2007 in den mit Lalvin W vergorenen Varianten in deutlich höheren Gehalten nachgewiesen als in den spontan vergorenen. Nach eigenen mehrjährigen Untersuchungen ist die Konzentration von 2-Phenylethanol nicht nur vom Hefe-Typ, sondern auch von kellerwirtschaftlichen Verfahrensweisen und insbesondere auch von der Gärtemperatur abhängig. Innerhalb der spontan vergorenen Varianten deutete sich in der Reihenfolge

„Spontan“, „Spontan + 100 mg/l Ascorbinsäure“, „Spontan + 50 mg/l SO₂“ eine tendenzielle Zunahme des 2-Phenylethanol-Gehaltes an.

Tabelle 2: Analytische Daten der Weine

Weinsensorik (Tab. 3)

Die Weine der jeweiligen Versuchsvarianten wurden nach dem DLG-Schema von erfahrenen Verkostern sensorisch bewertet. Um den Besonderheiten spontan vergorener Weine und deren Entwicklungspotenz Rechnung zu tragen, erfolgten die Verkostungen der Jahrgänge in größeren Zeitabständen. Von den Jahrgängen 2005 und 2006 liegen jeweils drei Verkostungen mit jeweils 30 Prüferurteilen vor. Der Jahrgang 2007 wurde erst einmal verkostet.

Der sensorische Vergleich der 2005er Weine untereinander ist insofern problematisch, als die hohen Restzuckergehalte in den Varianten Lalvin W und Spontan + SO₂ und der biologische Säureabbau in den Varianten Lalvin W und Spontangärung (Tab. 2) sensorische Eigenarten hervorriefen, die die gärungsbedingten Unterschiede überlagerten. Trotz laktischer, buttriger Noten und Lackton, wurde die Spontangärung aufgrund ihrer Fruchtigkeit in den ersten beiden Jahren vergleichsweise gut bewertet, um allerdings im dritten Jahr aufgrund vorherrschender Alterung deutlich abzufallen. Die Variante Spontan + SO₂ erschien durch den hohen Restzuckergehalt unharmonisch süß, obwohl der Wein in den ersten Jahren auch als fruchtig, frisch und körperreich beschrieben wurde. Der Wein der Variante Spontan + Ascorbinsäure war gekennzeichnet von den Attributen fruchtig, cremig, harmonisch und wurde in allen Verkostungen am besten bewertet. Hohe Restsüße und laktische, buttrige Noten ließen den Wein der Variante Lalvin W trotz Fruchtigkeit, weich und unharmonisch erscheinen.

Weitgehend durchgegoren und ohne größere Einflüsse durch einen biologischen Säureabbau konnten die Weine des Jahres 2006 die gärungsbedingten Unterschiede deutlicher darstellen. Die Weine der spontanvergorenen Varianten zeichneten sich generell durch eine besondere Fruchtigkeit aus. Bei der spontan vergorenen Variante waren aber auch bittere, gerbende, grasige und dumpfe Noten zu bemerken. Diese Noten waren zwar auch bei der Variante Spontan + SO₂ in geringerem Umfang festzustellen, jedoch hatte dieser Wein mehr Fülle. Auch 2006 wurde der Wein der Variante Spontan + Ascorbinsäure aufgrund seiner Fruchtigkeit, Stoffigkeit und seines Schmelzes am besten bewertet. Der Wein der Variante Lalvin W erwies sich zwar als fruchtig und stoffig, jedoch waren gerbige, grasige Noten und die sensorischen Eindrücke des BSA, wenn auch in geringem Umfang, einer höheren Bewertung abträglich.

Die Weine des Jahres 2007 wurden bislang nur einmal bewertet. Sie können zwar noch nicht abschließend beurteilt werden, in der Tendenz scheinen sich aber die sensorischen Bewertungen der vorangegangenen Jahre zu bestätigen.

Tabelle 3: Sensorische Bewertung der Weine als Qualitätszahl (Medianwerte)

Zusammenfassung

- Durch den Zusatz von schwefeliger Säure oder Ascorbinsäure in den Traubenmost konnte die Mikroorganismenflora während der Spontangärung deutlich zugunsten von *S. cerevisiae* beeinflusst werden.
- Der Zusatz von schwefeliger Säure erwies sich besonders wirksam und führte nicht nur zu einer Verringerung der Keimzahlen in den Mosten um 90%, sondern auch schon bereits zum Gärbeginn zu einer deutlichen Dominanz der *S. cerevisiae* über die Wildhefen.
- Durch den Einsatz der Trockenreinzuchtheife wurde zwar schon im Traubenmost die Dominanz von *S. cerevisiae* erreicht, jedoch waren auch hier jahrgangsabhängig Wildhefen bis zur Gärmitte nachweisbar.
- Die Weine der spontan vergorenen Varianten präsentierten sich ansprechend, fruchtig, vollmundig und variantenreich und waren unter den hier gegebenen Voraussetzungen und Bedingungen durchaus interessante Alternativen zu den mit der Trockenreinzuchtheife vergorenen Weinen.

Literaturverzeichnis

Benda I. 1964. Die Hefeflora des fränkischen Weinbaugebietes. Weinberg und Keller 11, 67-80

Benda I. 1982. Wine and brandy. In Prescott and Dunn's Industrial Microbiology ed. Reed, G. pp. 293-402. Westport, CT: AVI-Publication Company

Blanco P., Ramilo A., Cerdeira M. and Orriols I. 2006. Genetic diversity of wine *Sacchomyces cerevisiae* strains in an experimental winery from Galicia (NW Spain). *Antonie van Leeuwenhoek* 89, 352-357

Ciani M. and Maccarelli F. 1998. Oenological properties of non-*Saccharomyces* yeasts associated with wine-making. *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 14, 199-203

Ciani M., Mannazuu I., Marinangeli P., Clementi F. and Martini, A. 2004. Contribution of winery *Sacchomyces cerevisiae* strains to spontaneous grape must fermentation. *Antonie van Leeuwenhoek* 85, 159-164

Dubourdieu D. and Frezier V. 1990. Application de l' électrophorèse en champs pulsés à l' écologie des levures en fermentation spontanée. *Revue Francaise d'Oenologie* 30, 37-40

Egli C.M., Edinger W.D., Mitrakul C.M. and Henick-Kling T. 1998. Dynamics of indigenous and inoculated yeast populations and their effect on the sensory character of Riesling and Chardonnay wines. *J. Appl. Microbiol.* 85, 779-789

Fleet G.H., Lafon-Lafourcade S. and Ribéreau-Gayon P. 1984. Evolution of yeasts and lactic acid bacteria during fermentation and storage of Bordeaux wines. *Appl. Environ. Microbiol.* 48, 1034-1038

Fleet G.H. and Heard G.M. 1993. Yeasts: Growth during fermentation. In: Fleet GH (Ed) *Wine Microbiology and Biotechnology* (pp 27-54). Harwood, Chur

Frezier V. and Dubourdieu D. 1992. Ecology of yeast strain *Saccharomyces cerevisiae* during spontaneous fermentation in a Bordeaux winery. *Am. J. Enol. Vitic.* 43, 375-380

Gutiérrez A.R., López R., Santamaría P. and Sevilla M.J. 1997. Ecology of inoculated and spontaneous fermentations in Rioja (Spain) musts, examined by mitochondrial DNA restriction analysis. *Int. J. Food. Microbiol.* 36, 241-245

Lafon-Lafourcade S. 1983. Wine and brandy. In *Biotechnology* ed. Rehm, H.H. and Reed, G. pp. 81-163. Weinheim: Verlag Chemie

Martinand V. and Rietsch M. 1891. Des microorganismes que l'on rencontre sur les raisins murs et de leur développement pendant la fermentation. *Comptes Rendus de l' Académie des Sciences de Paris* 112, 736-749

Mateo J.J., Jiménez M., Huerta T. and Pastor A. 1991. Contribution of different yeasts isolated from musts of monastrell grapes to aroma of wines. *Int. J. Food Microbiol.* 14, 153-160

Miltenberger R., Schindler E. and Maier C. 2006. Spontangärung – eine Alternative zur Reinzuchtgärung?! Deutsches Weinbau-Jahrbuch 2006, 172-180, Verlag Eugen Ulmer

Müller-Thurgau L. 1896. Das Zusammenwirken verschiedener Heferasen bei der Weingärung – Unsere bisherigen Erfahrungen über die Anwendung der Reinhefen bei der Weingärung. Jahresbericht der deutsch-schweizerischen Versuchsstation in Wädenswil 1894-1895, 76-83

Querol A., Barrio E., Huerta T. and Ramón D. 1992b. Molecular monitoring of wine fermentations conducted by active dry yeast strains. *Appl. Environ. Microbiol.* 58 (9), 2948-2953

Rementería A., Rodríguez J.A., Cadaval A., Amenazar R., Muguruza J.R., Hernando F.L. and Sevilla M.J. 2003. Yeast associated with spontaneous fermentations of white wine from the "Txakoli de Bizkaia" region (Basque Country, North Spain). *Int. J. Food Microbiol.* 86, 201-207

Ribéreau-Gayon P. 1985. New developments in wine microbiology. *Am. J. Enol. Vitic.* 36, 1-10

Ribéreau-Gayon P., Dubardieu D., Donèche B. and Lonvaud A. 2000. Handbook of Enology, Volume 1, The Microbiology of Wine and Vinification, 1. Auflage, Verlag: Wiley-VCH GmbH, Weinheim

Sabaté J., Cano J., Querol A. and Guillamón J.M. 1998. Diversity of *Saccharomyces* strains in wine fermentations: Analysis for two consecutive years. *Lett. Appl. Microbiol.* 26, 452-455

Schütz M. and Gafner J. 1993. Analysis of yeast diversity during spontaneous and induced alcoholic fermentations. *J. Appl. Bacteriol.* 75, 551-558

Schütz M. and Gafner J. 1994. Dynamics of the yeast strain population during spontaneous alcoholic fermentation determined by CHEF gel electrophoresis. *Lett. Appl. Microbiol.* 19, 253-257

Sponholz W.R. and Dittrich H.H. 1974. Die Bildung von SO₂-bindenden Gärungs-Nebenprodukten, höheren Alkoholen und Estern bei einigen Reinzuchthefestämmen und bei einigen für die Weinbereitung wichtigen „wilden“ Hefen. *Wein-Wissenschaft* 29, 301-304

Torij M.J., Rozès N., Poblet M., Guillamon J.M., Mas A. 2001. Yeast population dynamics in spontaneous fermentations : Comparison between two different wine-production areas over a period of three years. *Antonie van Leeuwenhoek* 79, 345-352

Wagner K. and Rapp A. 1999. Über den Einfluss der Hefe auf die Bildung von 2-Phenylethanol bei der Gärung. *Deutsch. Lebensm. Rundsch.* 95, 304-309

Wucherpfennig K. and Bretthauer, G. 1970. Über die Bildung von flüchtigen Aromastoffen in Traubenwein in Abhängigkeit von der Mostbehandlung sowie von der verwendeten Heferasse. *Mitt. Klosterneuburg* 20, 36-46

Tabelle 2: Analytische Daten der Weine

	Silvaner 2005				Silvaner 2006				Silvaner 2007			
	Lalvin W	Spontan	Spontan + 50 mg/l SO ₂	Spontan + 100 mg/l Ascorbinsäure	Lalvin W	Spontan	Spontan + 50 mg/l SO ₂	Spontan + 100 mg/l Ascorbinsäure	Lalvin W	Spontan	Spontan + 50 mg/l SO ₂	Spontan + 100 mg/l Ascorbinsäure
Vorhandener Alkohol (%Vol)	11,8	12,5	11,5	12,4	12,7	13,2	13,2	13,2	11,6	11,3	11,6	11,6
Vergärbbarer Zucker (g/l)	16,1	5,0	20,1	4,0	1,5	0,5	0,6	0,7	1,2	2,8	1,0	1,1
Gesamt Milchsäure (g/l)	1,8	1,1	0,2	0,5								
L-Milchsäure (g/l)	*	1,1	0,01	*	0,11	0,07	0,02	0,03	0,83	1,35	0,10	0,73
L-Äpfelsäure (g/l)	*	1,4	2,6	*	3,5	3,8	3,8	3,8	2,1	1,2	3,3	2,2
Milchsäure-ethylester (mg/l)	60,8	48,9	5,2	16,3	5,9	5,5	3,1	3,0	41,1	58,6	11,0	30,8
Acetoin (mg/l)	3,0	4,6	n.n.	4,2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.b.	n.n.	n.b.
Flüchtige Gärbegleitstoffe												
Flüchtige Säure (g/l)	0,62	0,59	0,62	0,47	0,27	0,46	0,43	0,47	0,24	0,27	0,37	0,29
Ethylacetat (m/l)	47,4	78,8	53,0	66,7	47,4	87,7	76,0	90,3	54,1	77,1	78,7	78,2
Isoamylacetat (mg/l)	1,2	2,5	1,7	3,0	0,8	5,5	5,1	5,1	2,1	1,9	4,5	4,0
2-Phenylethanol (mg/l)	20,3	13,7	20,5	16,3	24,2	16,5	18,8	18,7	35,9	23,9	27,8	25,3

* nicht untersucht

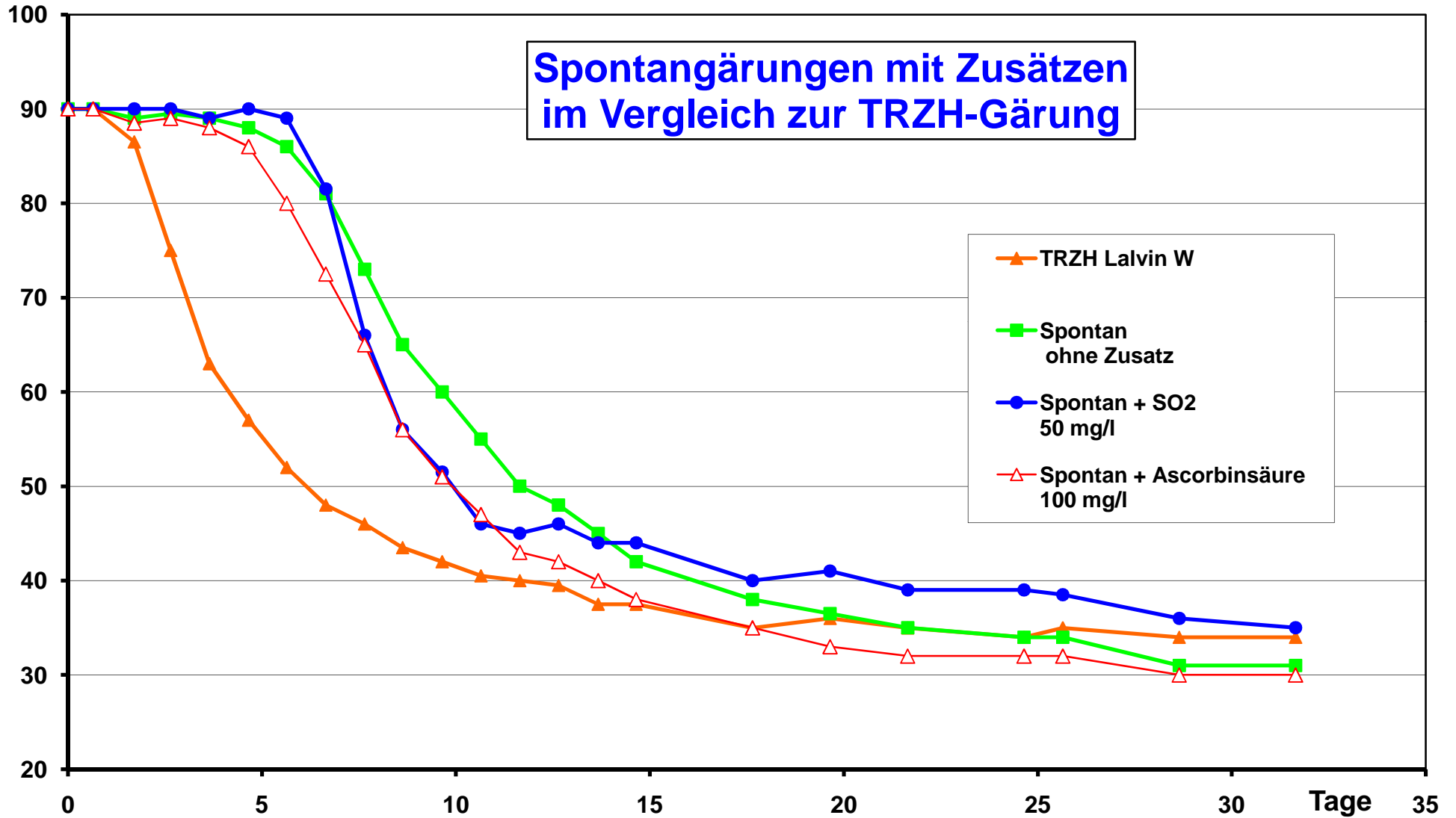
Tabelle 3: Sensorische Bewertung der Weine als Qualitätszahl (Medianwerte)

Variante	Silvaner 2005				Silvaner 2006				Silvaner 2007
	1. VK* 2006	2.VK* 2007	3.VK* 2008	MW	1. VK* 2007	2.VK* 2007	3.VK* 2008	MW	1. VK* 2008
Lalvin W	2,00	1,80	2,00	1,93	2,00	1,50	2,20	1,90	2,00
Spontangärung	2,20	2,00	1,50	1,90	2,00	2,00	2,20	2,07	1,50
Spontang. + SO ₂	2,00	2,00	1,80	1,93	2,20	2,00	2,30	2,17	1,80
Spontang. + Ascorbinsäure	2,50	2,30	2,00	2,27	2,20	2,20	2,50	2,30	2,00

* = Verkostung

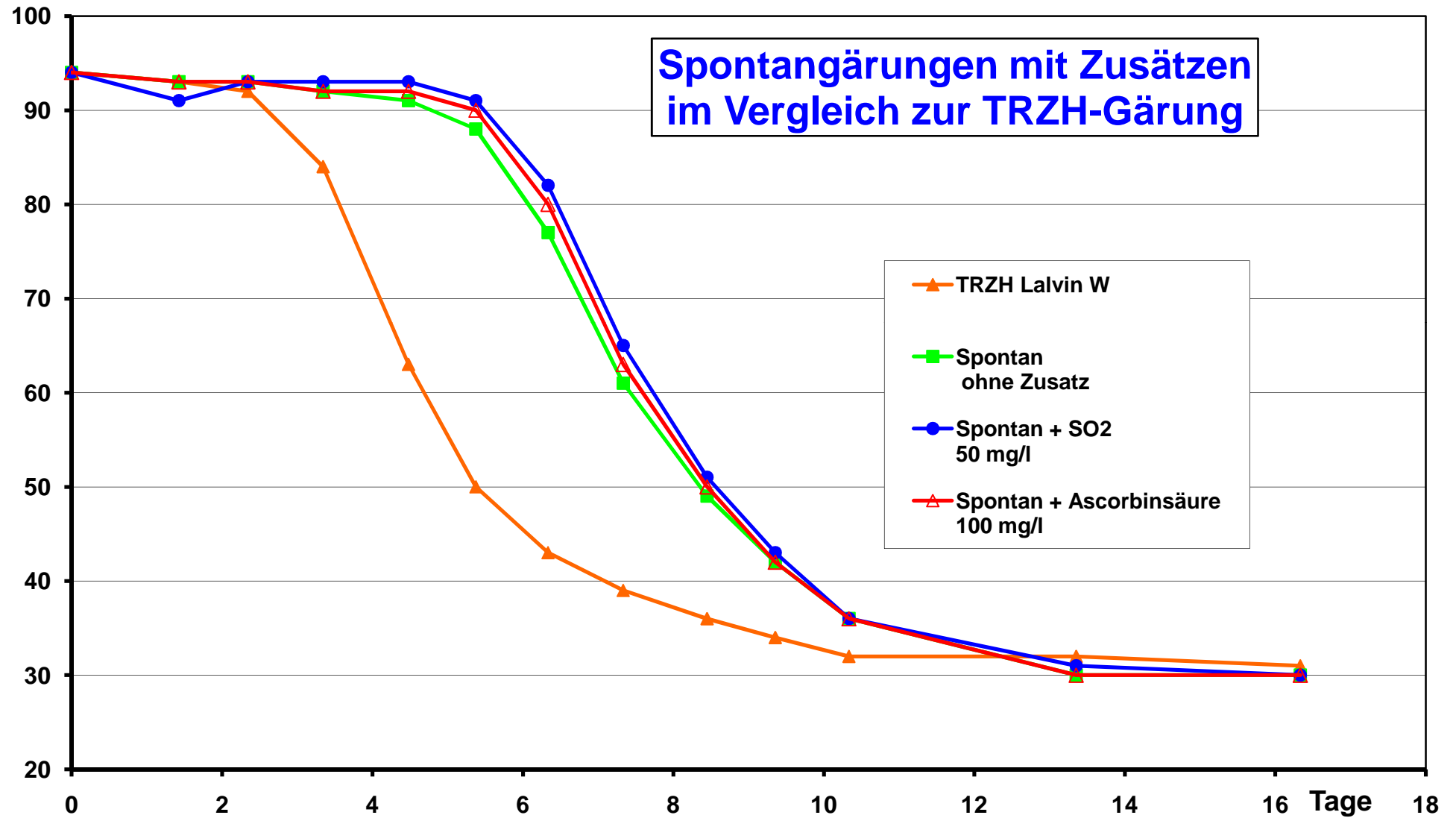
Thüngersheimer Scharlachberg, Silvaner 2005

°Oechsle



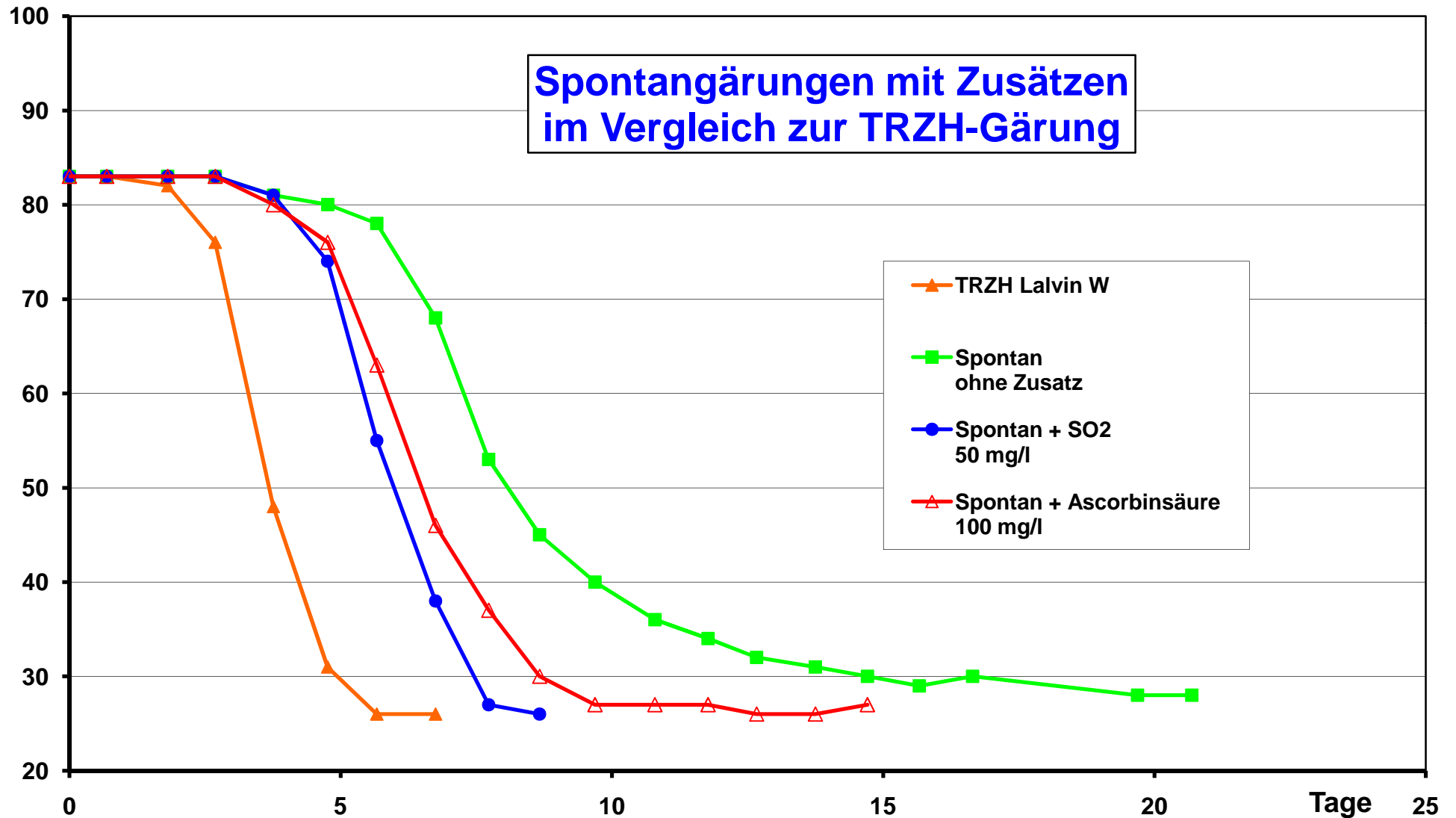
Thüngersheimer Scharlachberg, Silvaner 2006

°Oechsle



Marktheidenfelder Kreuzberg, Silvaner 2007

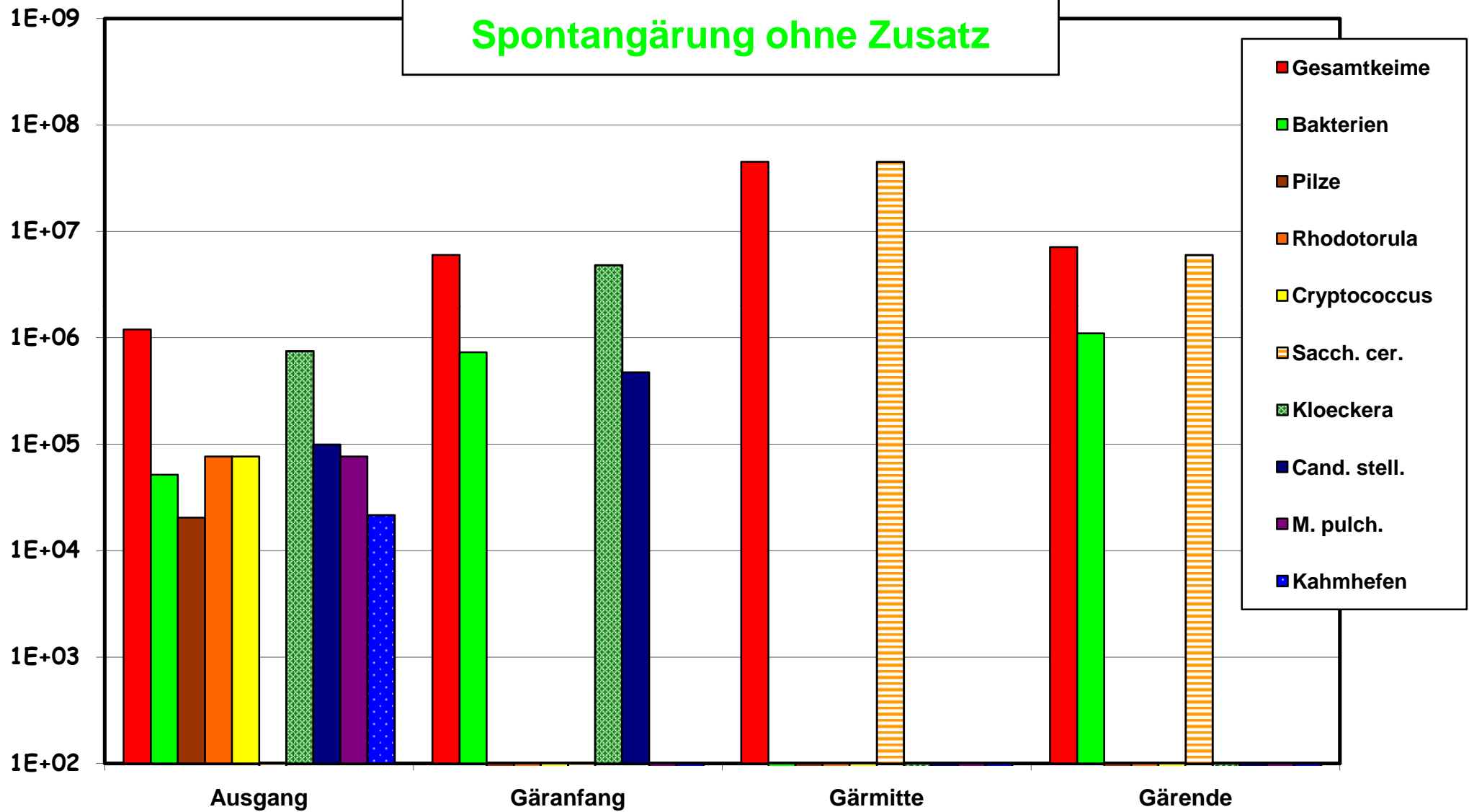
°Oechsle



Thüngersheimer Scharlachberg, Silvaner 2005

KbE/ml

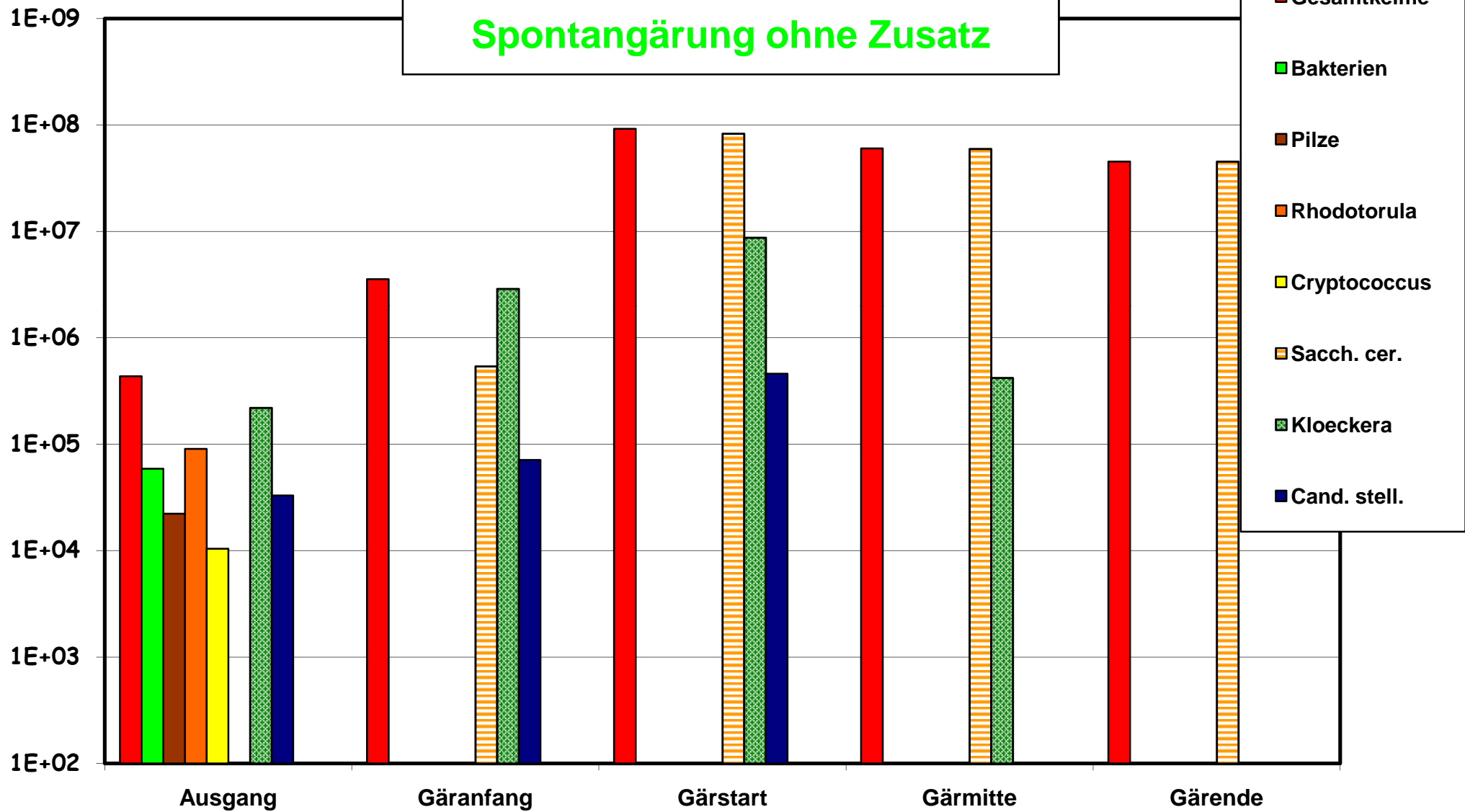
Spontangärung ohne Zusatz



Thüngersheimer Scharlachberg, Silvaner 2006

KbE/ml

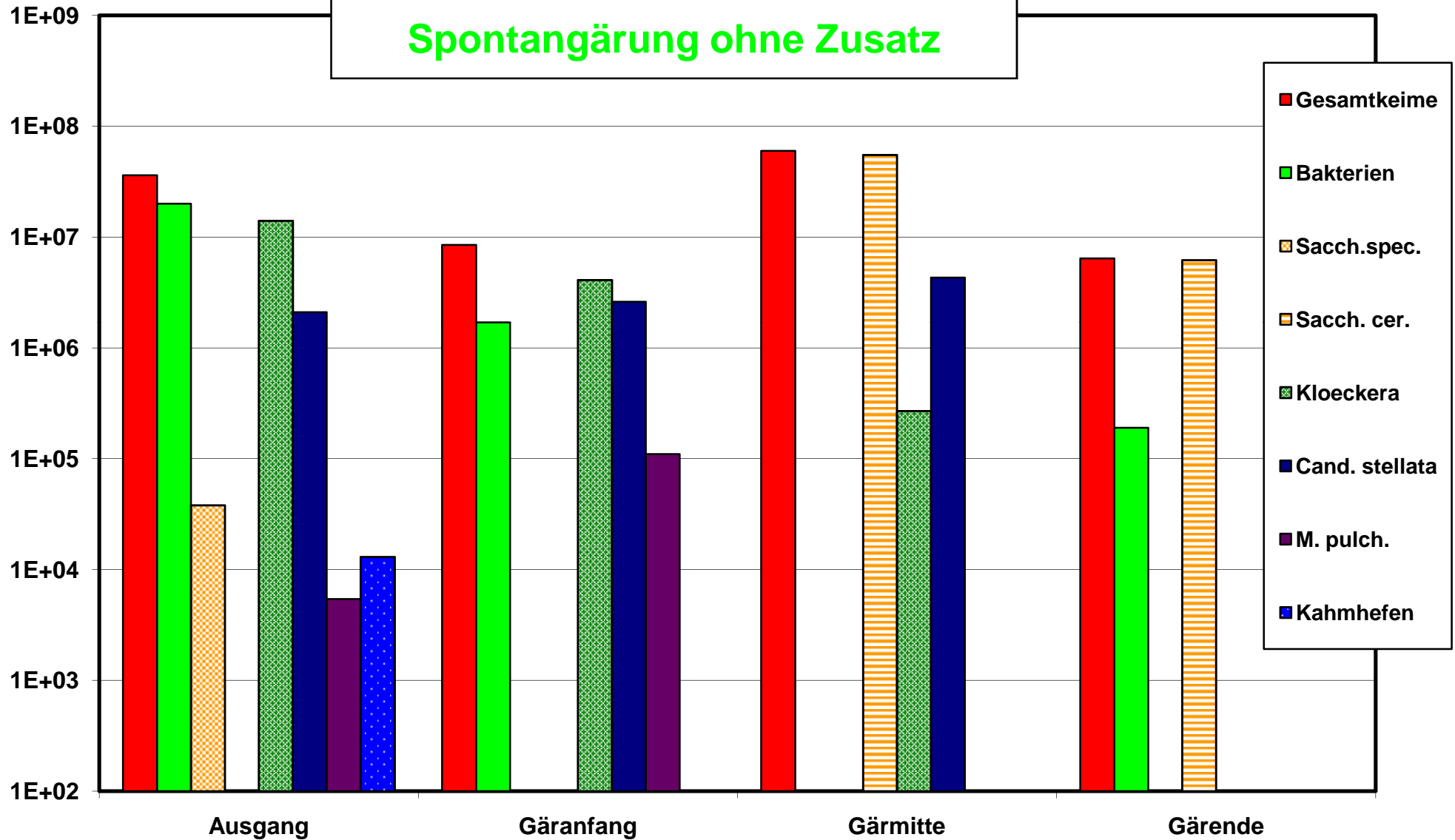
Spontangärung ohne Zusatz



Marktheidenfelder Kreuzberg, Silvaner 2007

KbE/ml

Spontangärung ohne Zusatz



Thüngersheimer Scharlachberg, Silvaner 2005

KbE/ml

1E+09

1E+08

1E+07

1E+06

1E+05

1E+04

1E+03

1E+02

Spontangärung + SO₂ 50 mg/l

■ Gesamtkeime

■ Bakterien

■ Pilze

■ Sacch. cer.

■ Kloeckera

■ Cand. stell.

■ M. pulch.

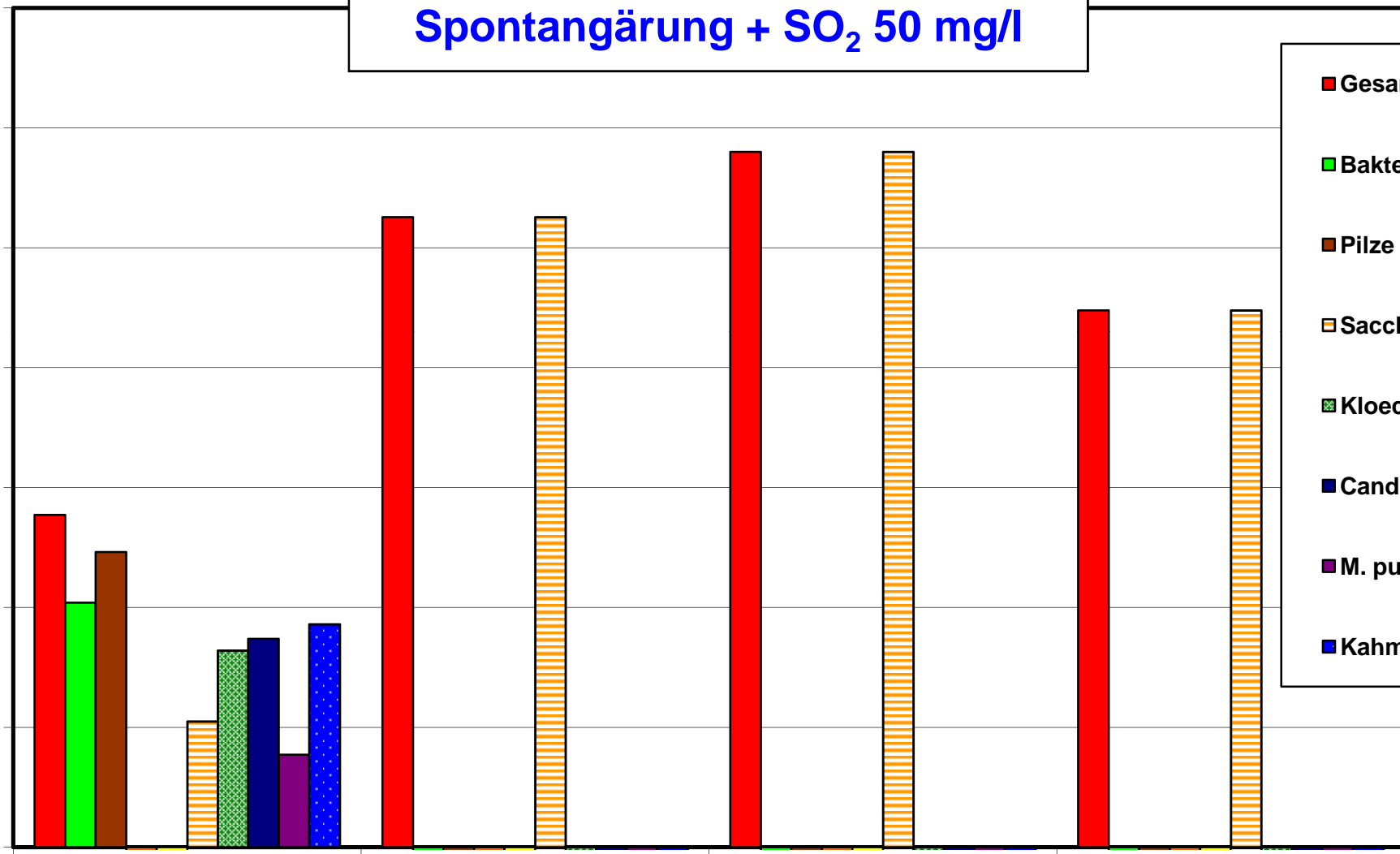
■ Kahlmhefen

24 h nach Zugabe

Gäranfang

Gärmitte

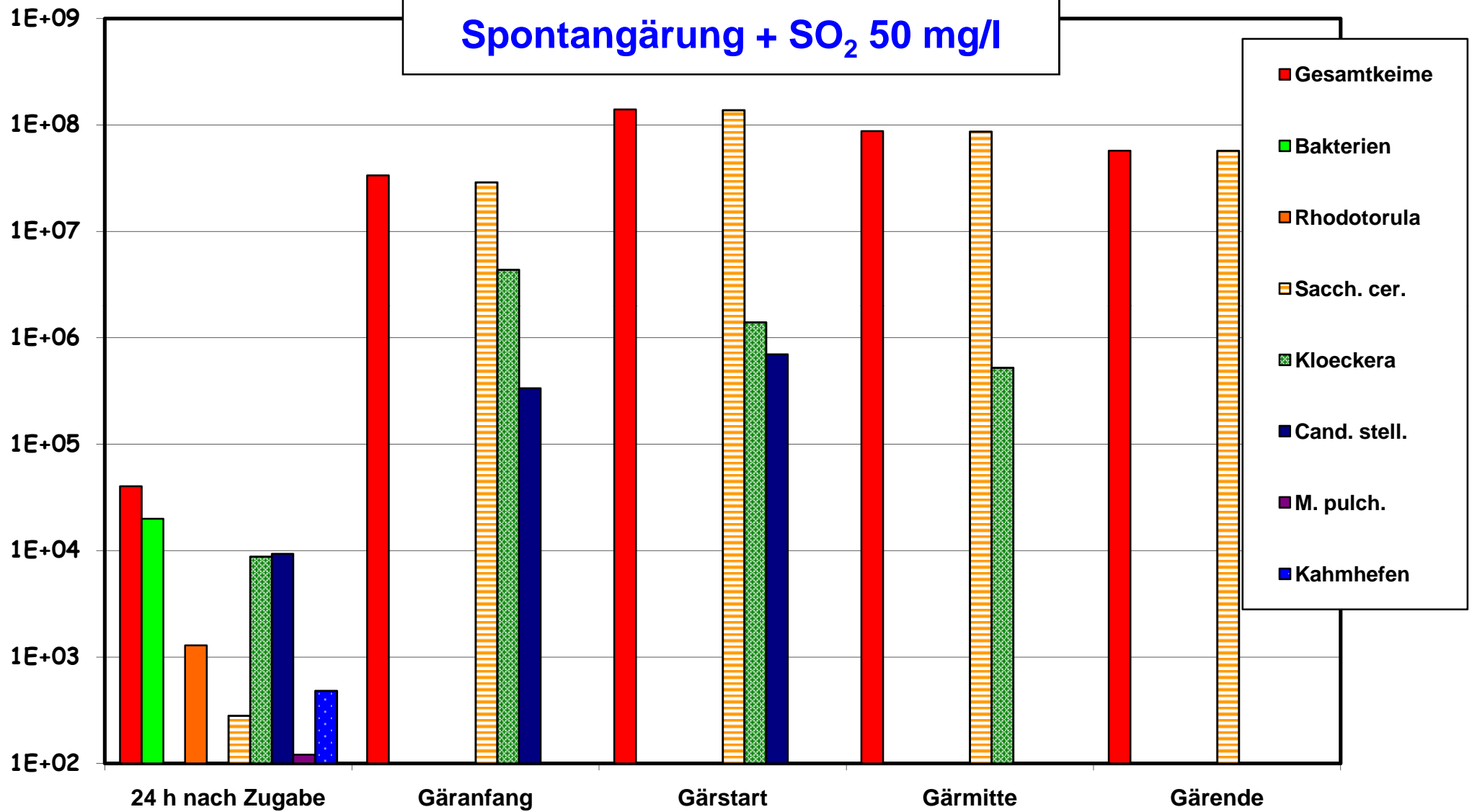
Gärende



Thüngersheimer Scharlachberg, Silvaner 2006

KbE/ml

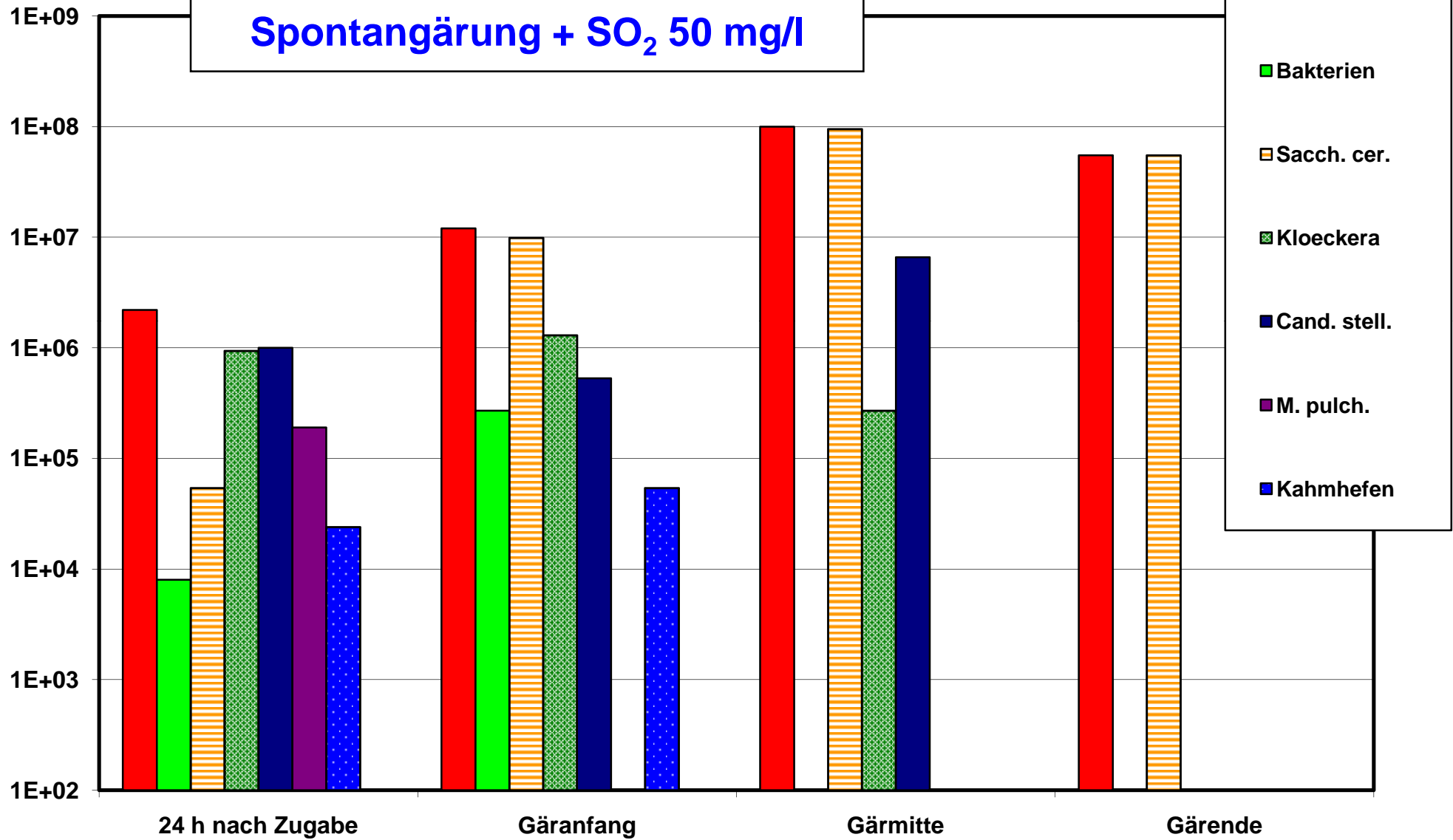
Spontangärung + SO₂ 50 mg/l



Marktheidenfelder Kreuzberg, Silvaner 2007

KbE/ml

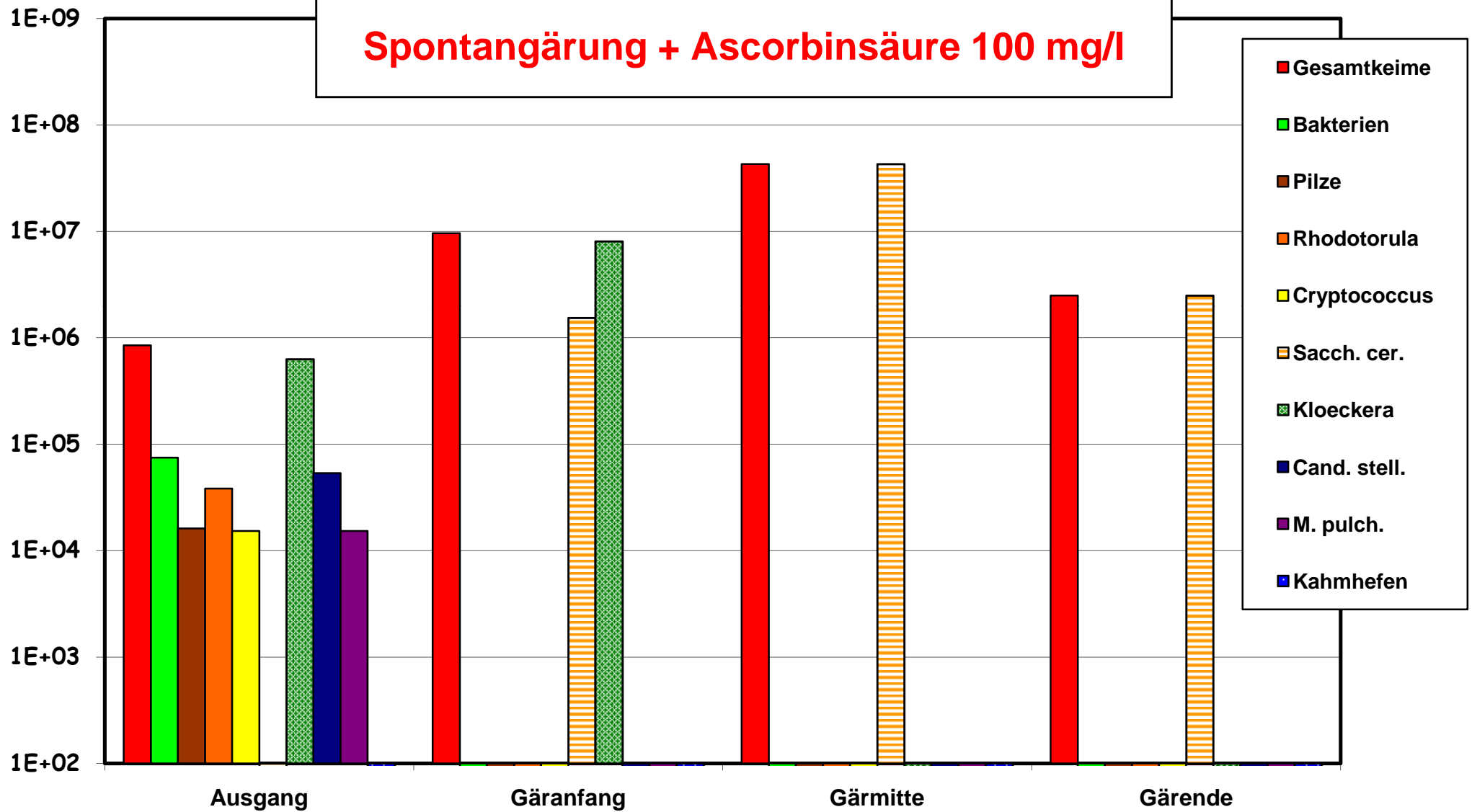
Spontangärung + SO₂ 50 mg/l



Thüngersheimer Scharlachberg, Silvaner 2005

KbE/ml

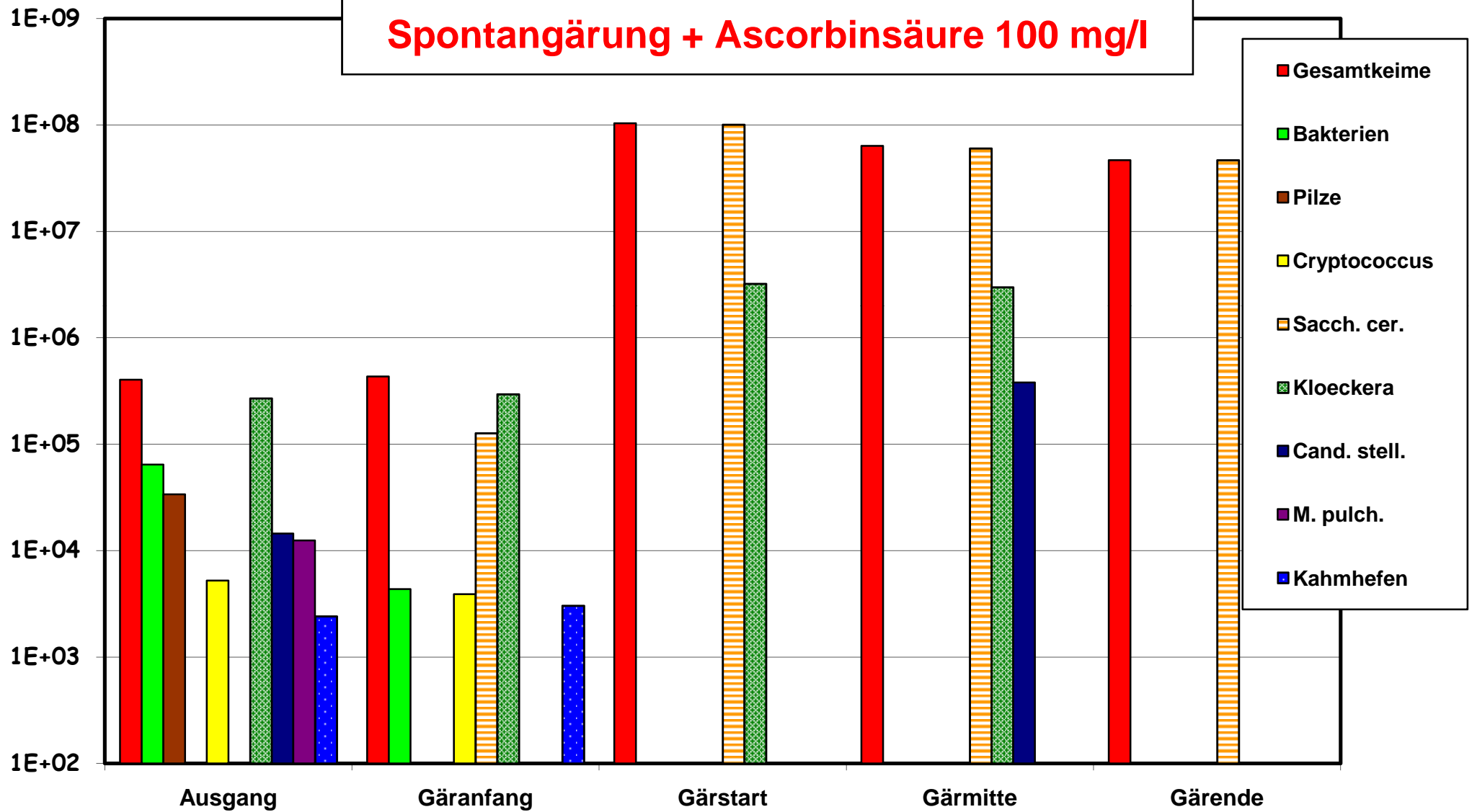
Spontangärung + Ascorbinsäure 100 mg/l



Thüngersheimer Scharlachberg, Silvaner 2006

KbE/ml

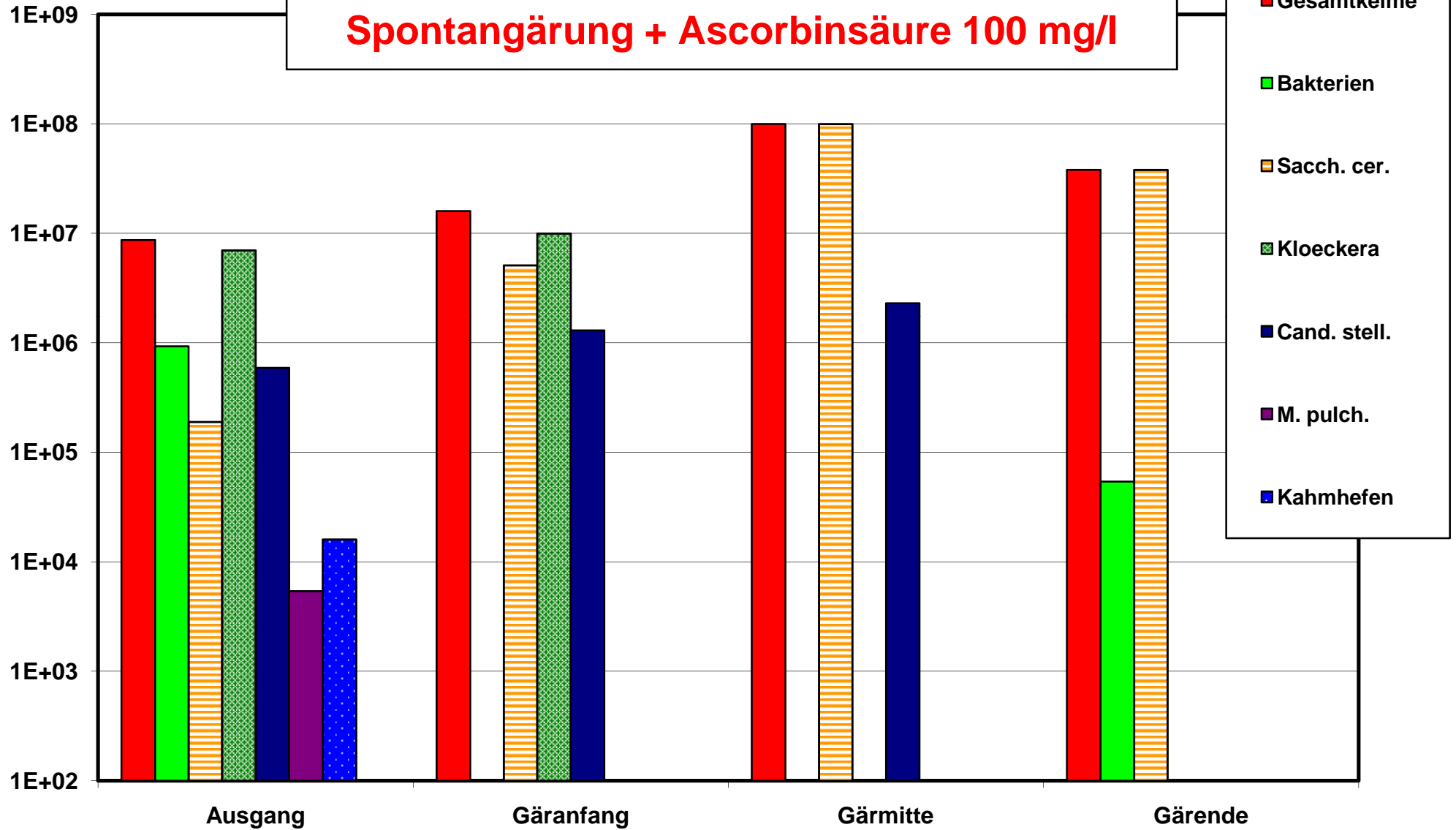
Spontangärung + Ascorbinsäure 100 mg/l



Marktheidenfelder Kreuzberg, Silvaner 2007

KbE/ml

Spontangärung + Ascorbinsäure 100 mg/l



Thüngersheimer Scharlachberg, Silvaner 2005

Trockenreinzuchthefer Lalvin W

KbE/ml

1E+09
1E+08
1E+07
1E+06
1E+05
1E+04
1E+03
1E+02

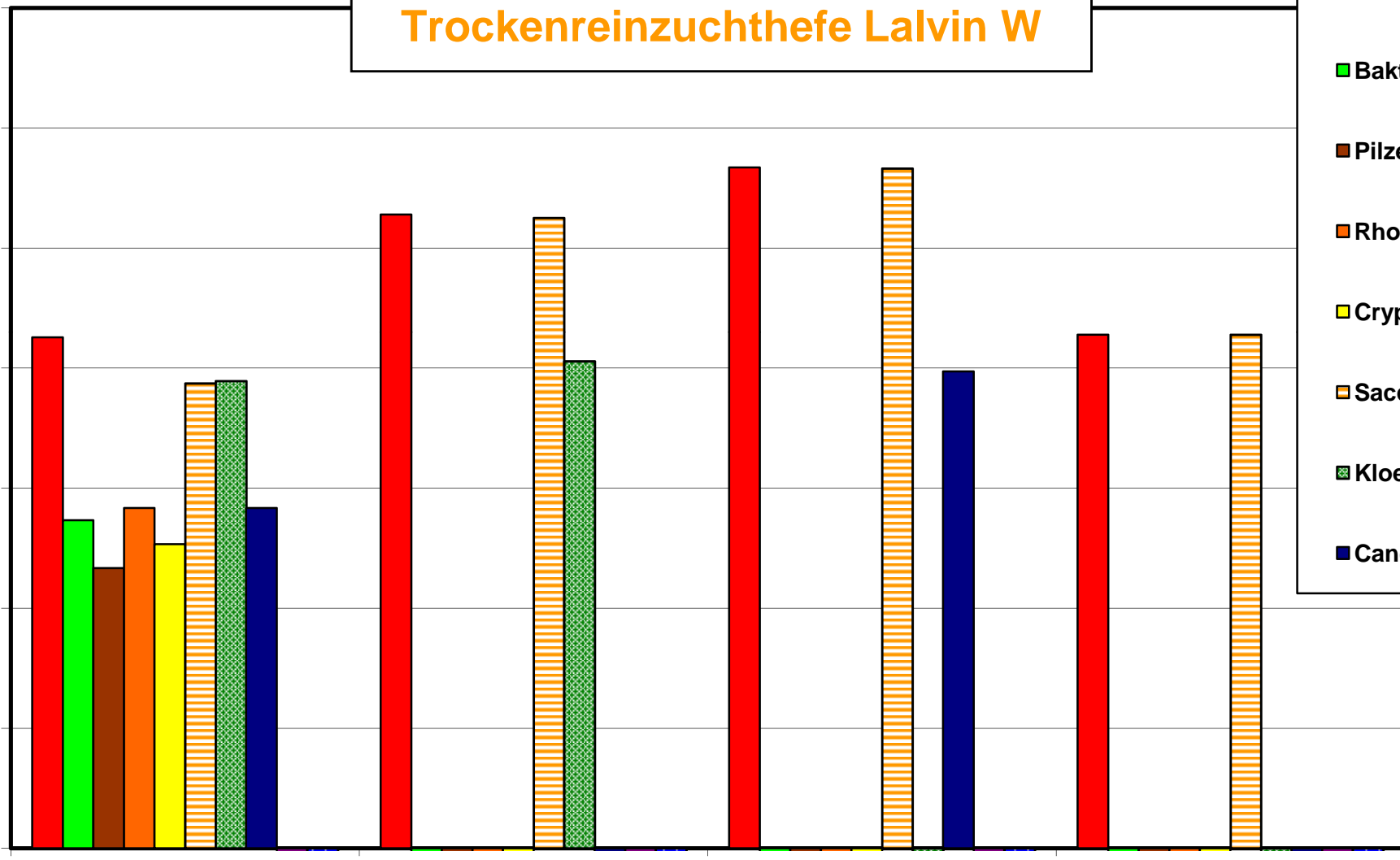
- Gesamtkeime
- Bakterien
- Pilze
- Rhodotorula
- Cryptococcus
- Sacch. cer.
- Kloeckera
- Cand. stell.

Ausgang

Gäranfang

Gärmitte

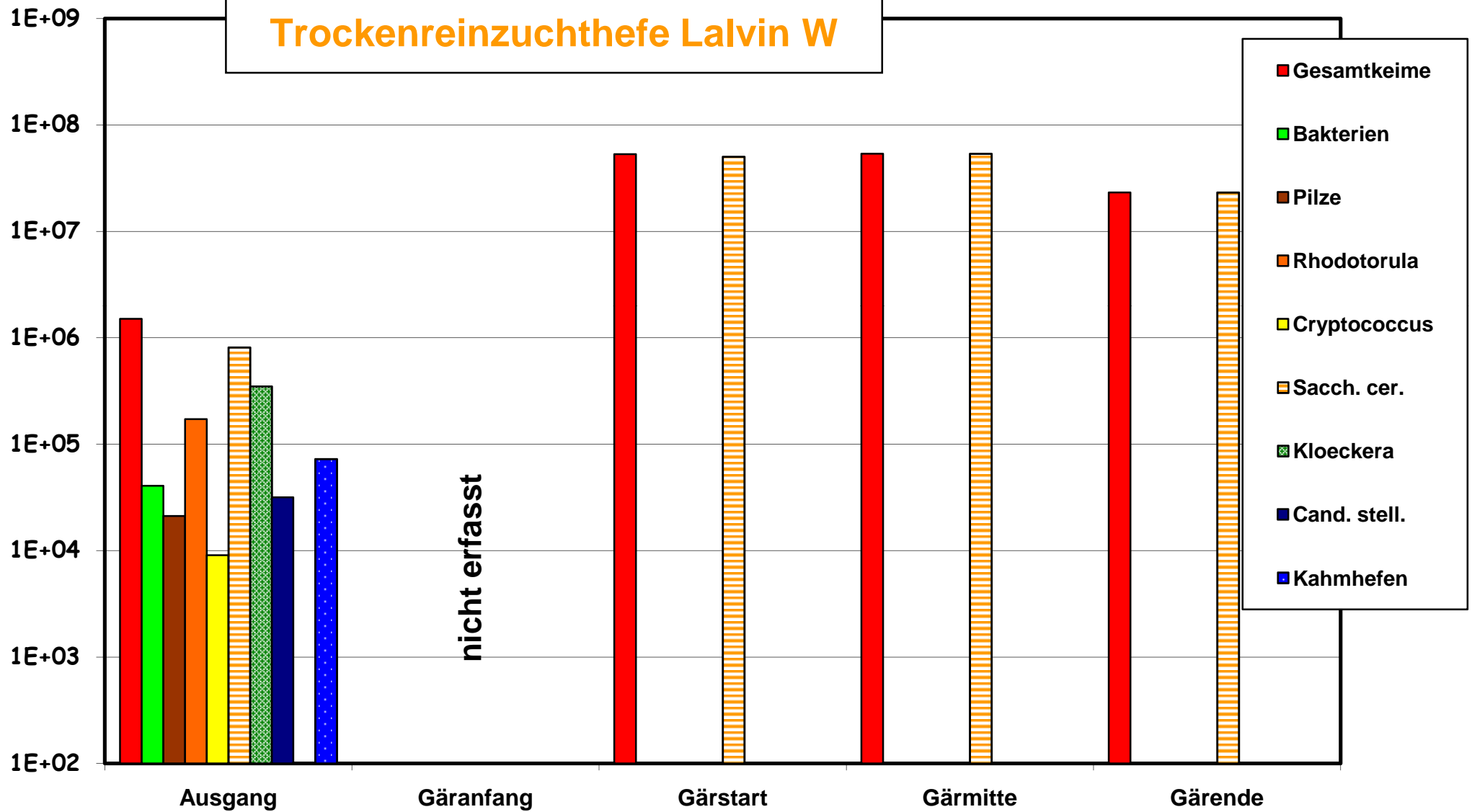
Gärende



Thüngersheimer Scharlachberg, Silvaner 2006

KbE/ml

Trockenreinzuchthefer Lalvin W



Marktheidenfelder Kreuzberg, Silvaner 2007

KbE/ml

Trockenreinzuchthefer Lalvin W

