



# Kupfergehalt in Kalbslebern: Versuchs- und Praxisergebnisse

Jürg KESSLER und Isabelle MOREL, Eidgenössische Forschungsanstalt für Nutztier(e), CH-1725 Posieux  
 Auskünfte: Jürg Kessler, e-mail: juerg.kessler@rap.admin.ch, Fax +41 (0)26 407 73 00,  
 Tel. +41 (0)26 407 71 11

**Untersuchungen der RAP sowie Praxiserhebungen kommen zum gleichen Schluss: Die Kupfergehalte der Schweizer Kalbslebern sind für die Gesundheit der Konsumentinnen und Konsumenten unbedenklich. Auch deuten sie nicht auf eine chronische Kupfervergiftung der Mastkälber hin.**

Während der letzten drei Jahre bildete der Gehalt von Kalbslebern an Kupfer (Cu) Gesprächsstoff bei Produzenten und Konsumentinnen. Anstoss dazu waren die 1996 in Deutschland und Holland festgestellten hohen Cu-Werte in Kalbslebern. Im Sinne einer Standortbestimmung wurden auch in der Schweiz verschiedene Versuche und Erhebungen zu diesem Thema angelegt. Die ersten Versuche der RAP zu diesem Problemkreis gehen bereits auf das Jahr 1989 zurück, wobei die Arbeiten bis 1997 weitergeführt wurden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen, zusammen mit Resultaten aus Praxiserhebungen, sind im Folgenden vorgestellt.

## Lebensnotwendiges Spurenelement

Das Kupfer ist für das Kalb ein lebensnotwendiges Spurenelement. Als Bestandteil oder Aktivator von Enzymen beteiligt es sich unter anderem am Energiestoffwechsel (Atmungskette) und am Stoffwechsel schwefelhaltiger Aminosäuren. Auch bei der Erneuerung des Hämoglobins und bei der Erythrozytenreifung scheint Cu mitzuwirken.

Das Kupfer wird beim Kalb vermutlich zum grössten Teil im Dünndarm absorbiert, wobei zahlreiche Grössen die Absorption beeinflussen (Dieckhoff 1986; Davis und Mertz 1987). Zu nennen sind unter anderem das Alter und die Ration. Nach Paragon (1995) beträgt die Cu-Absorbierbarkeit beim nichtwiederkäuenden Kalb 15 bis 30 % im Vergleich zu 1 bis 6 % beim wiederkäuenden Tier. Im Zusammenhang mit der Ration sind vorab die Passagerate sowie die Gehalte an Protein, Kalzium, Kupfer, Eisen, Zink, Molybdän und Schwefel zu erwähnen. Bei Flüssigfütterung scheint auch der pH-Wert der Tränke eine Rolle zu spielen. Im weiteren beein-

flusst die chemische Form des zugeführten Kupfers die Cu-Absorption. So wird Cu-Oxid nur schlecht verwertet. Demgegenüber weisen Verbindungen von Cu mit Sulfat, Proteinaten, Chelaten und Polysacchariden eine höhere Verwertung auf. Wichtigster Ausscheidungsweg von Kupfer ist die Galle beziehungsweise der Kot.

## Wichtigster Speicher: die Leber

Im Überschuss aufgenommenes Kupfer wird zur Hauptsache in der Leber gespeichert. Der Umfang der Speicherung hängt von zahlreichen Grössen ab, wie der individuellen Veranlagung und den Cu-Leberreserven bei der Geburt. Letztere können, teilweise abhängig von der Cu-Versorgung des Muttertieres, zwischen rund 40 und 210 mg Cu je kg Frischleber betragen. Auch das Alter und die Rasse spielen eine Rolle. Nach Untersuchungen von Ward *et al.* (1995) absorbieren und retinie-

ren Tiere der Angusrasse mehr Kupfer als Tiere der Rasse Simmental und Charolais. Im Zusammenhang mit der Cu-Speicherung in der Leber sind auch die bereits aufgeführten, die Absorption von Cu beeinflussenden Grössen zu erwähnen. So zeigen beispielsweise Versuche beim Lamm, dass bei der Verfütterung von Kasein im Vergleich zu Sojaprotein die Cu-Konzentration in der Leber um rund 40 % zunimmt. Nicht zuletzt kommt der Dauer der Cu-Zufuhr ein grosses Gewicht zu (Hecht und Honisch 1997). Als Folge der verschiedenen Einflussgrössen ist in der Praxis eine grosse Streuung in der Cu-Konzentration von Kalbslebern zu beobachten.

## Beurteilung der Versorgung

Der Cu-Bedarf des Mastkalbes wird in der Literatur mit 5 bis 10 mg je kg Futter-TS (Trockensubstanz) angegeben. Das Angebot gemäss den Empfehlungen der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Nutztier(e) (FAG 1994) beträgt 8 mg je kg Futter-TS. Zur Beurteilung der Cu-Versorgung des Kalbes dient neben dem Cu-Gehalt des Blutes und der Aktivität von Cu-haltigen



Bei vergleichbarem Cu-Angebot in der Ration streut die Cu-Konzentration in der Leber von Kälbern sehr stark (Variationskoeffizient 10 - 35 %).

Enzymen auch der Cu-Gehalt der Leber. Eine Cu-Konzentration unter 6 mg/kg Frischsubstanz Leber weist auf einen Cu-Mangel hin, während Werte über 250 mg/kg Frischsubstanz als chronische Cu-Vergiftung zu interpretieren sind (Weiss und Baur 1968; Puls 1990; Lamand 1991). Anzeichen eines Cu-Mangels bilden unter anderem Wachstumsstörungen, Durchfall, Anämie, Entfärbung des Haarkleides, Skelettschäden und nervöse Störungen. Eine chronische Cu-Vergiftung äussert sich in Symptomen wie Abmagerung, starker Durst, bräunlich-dunkel gefärbter Harn und gelbliche Verfärbung von Haut, Schleimhäuten sowie Organen (Ikterus). Die Angaben, ab welcher Cu-Konzentration in der Ration es zu einer chronischen Cu-Vergiftung kommt, streuen mit 15 bis 30 mg Cu je kg Futter-TS erheblich. Die Übereinstimmung mit den für die chronische Cu-Vergiftung massgebenden Cu-Leberwerten ist dabei oft fraglich.

## Charakterisierung der RAP-Versuche

Um den Einfluss der Cu-Zufuhr auf die Cu-Konzentration der Kalbsleber zu definieren, wurden im Zeitraum 1989 bis 1997 an der RAP mehrere Kälbermastversuche mit insgesamt 94 Tieren durchgeführt. Tabelle 1 vermittelt eine Übersicht über die Versuchsanordnung. Die geprüften Kupferkonzentrationen in der Ration waren 2 (Cu2), 6 (Cu6), 8 (Cu8), 10 (Cu10) und 30 (Cu30) mg je kg Futter-Trockensubstanz (TS). Das Cu wurde der Vollmilch über eine Mineralstoff-Vitamin-Mischung in Form von Cu-Sulfat zugesetzt.

Das Verfahren Cu2 steht für eine Vollmilch-Ration ohne Cu-Ergänzung, welche aber durch Cu-haltige Gefässe oder Gerätschaften leicht mit Cu kontaminiert wurde. Vollmilch selbst enthält weniger als 1 mg Cu je kg TS. Die Verfahren Cu6 bis Cu10 umfassen den Bereich üblicher Cu-Bedarfsempfehlungen für das Mastkalb. Im Gegensatz dazu entspricht das Verfahren Cu30 der höchsten, gemäss Futtermittelbuch-Verordnung (1995) erlaubten Cu-Konzentration in Milchaustauschfuttermitteln von 30 mg je kg.

Das in den RAP-Versuchen angewandte Fütterungsregime (Tab. 1) deckt sich mit der in der Schweiz am häufigsten anzutreffenden Form der Kälbermast. Im Vergleich zur Praxis, in welcher das Angebot an Mineralstoffen und im speziellen an Kupfer meistens vom Anteil Milchaustauschfuttermittel in der Ration abhängt,

**Tab. 1. Versuchsanordnung**

<b>Versuchstiere:</b>	Männliche Kälber der Rasse Red Holstein (Si x RH)
<b>Haltung:</b>	Gruppenhaltung auf Tiefstreu (6 - 8 Tiere pro Gruppe)
<b>Fütterung:</b>	Rationiert, Eimertränke oder Tränkeautomat
<b>Ration:</b>	Bis rund 100 kg Lebendgewicht (LG) Vollmilch plus Wirkstoffkonzentrat (Mineralstoffe, Vitamine, antimikrobielle Leistungsförderer in Versuchen vor 1997); ab 100 kg LG zusätzlich Milchaustauschfuttermittel; gesamtes Angebot pro Kalb: 950 kg Vollmilch (70 % der TS der Ration), 45 - 50 kg Milchaustauschfuttermittel und 3 - 4 kg Wirkstoffkonzentrat
<b>Bedarfsdeckung:</b>	Nährstoff-, Mineralstoff- und Vitaminversorgung gemäss Fütterungsempfehlungen FAG (1994); jedoch Eisen 20 mg/kg Futter-TS und Kupfer je nach Versuch 2 bis 30 mg/kg Futter-TS
<b>Versuchsparameter:</b>	Individueller Futterverzehr, Kupfer-Konzentration Leber
<b>Schlachtung:</b>	zwischen 180 und 200 kg LG

**Tab. 2. Futterverzehr und Kupfer-Aufnahme**

Versuchsbezeichnung		Cu2	Cu6	Cu8	Cu10	Cu30
Anzahl Tiere	N	31	10	10	32	11
Mastdauer	Tage	78	83	98	80	93
TS <sup>1</sup> -Verzehr	kg/Tag	1,86	2,09 <sup>2</sup>	1,87	1,86	1,90
<b>Cu-Gehalt Ration</b>	<b>mg/kg TS</b>	<b>2,5</b>	<b>6,5</b>	<b>8,4</b>	<b>10,0</b>	<b>34,9</b>
<b>Cu-Aufnahme total</b>	<b>mg</b>	<b>365</b>	<b>1120</b>	<b>1550</b>	<b>1506</b>	<b>6140</b>

<sup>1</sup>TS: Trockensubstanz

<sup>2</sup>Ration ohne antimikrobiellen Leistungsförderer

**Tab. 3. Trockensubstanzgehalt und Kupfer-Konzentration der Lebern**

Versuchsbezeichnung		Cu2	Cu6	Cu8	Cu10	Cu30
Anzahl Tiere	N	31	10	10	32	11
Trockensubstanz Ø	g/kg	286	277	285	284	285
<i>s<sub>x</sub></i>		6	7	6	8	8
<b>Cu-Konzentration pro kg Frischsubstanz Leber (pro kg Trockensubstanz):</b>						
<b>Durchschnitt</b>	<b>mg</b>	<b>52</b>	<b>97</b>	<b>170</b>	<b>178</b>	<b>389</b>
		<b>(181)</b>	<b>(351)</b>	<b>(598)</b>	<b>(626)</b>	<b>(1369)</b>
<b>Standardabweichung</b>	<b>mg</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>35</b>	<b>108</b>
		<b>(60)</b>	<b>(69)</b>	<b>(68)</b>	<b>(119)</b>	<b>(399)</b>
<b>Minimum</b>	<b>mg</b>	<b>23</b>	<b>74</b>	<b>136</b>	<b>105</b>	<b>247</b>
		<b>(79)</b>	<b>(265)</b>	<b>(485)</b>	<b>(387)</b>	<b>(885)</b>
<b>Maximum</b>	<b>mg</b>	<b>87</b>	<b>136</b>	<b>193</b>	<b>244</b>	<b>531</b>
		<b>(306)</b>	<b>(494)</b>	<b>(685)</b>	<b>(840)</b>	<b>(1982)</b>

war dieses in den RAP-Versuchen je kg aufgenommene Futter-TS konstant. Tabelle 2 fasst für die einzelnen Versuche die von den Kälbern über die ganze Mastdauer aufgenommene Menge an Trockensubstanz und an Kupfer zusammen.

## Konzentration unter 250 mg/kg Leber

Zur Bestimmung der Cu-Konzentration wurden die Lebern der Versuchstiere direkt an der Schlachtkette entnommen und am gleichen Tag an der RAP zerkleinert und in Plastikflaschen tiefgefroren. Die Cu-Analysen erfolgten mittels Atom-Absorption.

Der durchschnittliche TS-Gehalt der untersuchten Lebern betrug 28,5 %. Bei einer Cu-Zufuhr im Bereich der Bedarfsempfehlungen (Cu6, Cu8 und Cu10) lagen alle gemessenen Cu-Leber-Konzentrationen

unter 250 mg/je kg Frischsubstanz (FS; Tab. 3). Die 250 mg je kg FS entsprechen der Konzentration, die aus Sicht der Tiergesundheit als auch aus lebensmittelhygienischer Sicht als möglicher Grenzwert zur Diskussion steht. Der mit 244 mg/kg FS höchste analysierte Wert zeigte ein Tier, dessen Cu-Gehalt in der Ration 9 mg/kg Futter-TS betrug. Die tiefsten, durchschnittlichen Cu-Lebergehalte waren mit 52 mg/kg FS beim Verfahren Cu2 zu beobachten. Im Gegensatz zu den übrigen Verfahren bewegten sich die Cu-Konzentrationen des Verfahrens Cu30 zwischen 247 und 531 mg/kg FS-Leber.

## Gleiche Ration, unterschiedliche Konzentrationen

Die innerhalb der einzelnen Verfahren beobachteten Unterschiede in der Cu-Konzentration der Lebern waren trotz ver-



gleichbarer Haltung und Fütterung gross. Der Variationskoeffizient betrug rund 10 bis 35 %. Eine Ausnahme machte lediglich das Verfahren Cu8. Eine bedeutende Streuung im Cu-Gehalt von Kalbslebern bei ähnlichen Bedingungen beschreiben auch Davis und Mertz (1987).

## Schätzung der Konzentration

Trotz der hohen Streuung im Cu-Gehalt der Kalbslebern besteht zwischen dieser und der Cu-Aufnahme über die Ration eine enge Beziehung, wie aus Abbildung 1 klar hervorgeht. Die anhand der RAP-Versuche berechnete Regression lautet:

$$Y = 49,56 + 10,2898 * X$$

( $R^2 = 0,804$ ,  $p < 0,001$ )

Y: Cu-Konzentration Leber in mg/kg FS  
X: Cu-Aufnahme in mg/kg Futter-TS

Eine deutliche Korrelation zwischen den beiden Grössen Cu-Aufnahme und Cu-Konzentration in der Leber ( $r = 0,81$ ,  $p < 0,0001$ ) zeigen auch Jilg *et al.* (1997) in ihren Versuchen. Sie verfütterten an 20 Kälber ein Milchaustauschfuttermittel mit 5 beziehungsweise 15 mg Cu je kg TS. Die entsprechenden mittleren Cu-Konzentrationen in der Leber betragen 138 mg beziehungsweise 305 mg je kg FS Leber. Um die Cu-Toleranz von Mastkälbern zu prüfen, verfütterten Jenkins und Hidiroglou (1989) an jeweils sieben Tiere während der ersten sechs Lebenswochen ein Milchersatzfutter mit 10, 50, 200, 500 und 1000 mg Cu je kg Futter. Auch in diesem Versuch war eine enge Beziehung zwischen Cu-Aufnahme und der Cu-Konzentration in der Leber zu beobachten. Im Vergleich zu den RAP-Resultaten sind jedoch die analysierten Cu-Leber-Konzentrationen sehr tief. Für die Variante mit 50 mg Cu betrug beispielsweise der durchschnittliche Gehalt 108 mg je kg FS Leber. Diese Differenz erklärt sich zur Hauptsache durch die kurze Versuchsdauer.

## Praxiserhebungen Schweiz

Auf Grund des Antagonismus zwischen Kupfer und Eisen könnte durch eine hohe Cu-Zufuhr über die Ration die Fleischfarbe von Mastkälbern aufgehellt werden. Eine Praxis, die nach Berichten aus Deutschland und Holland von gewissen Kälbermästern angewendet werden soll. Im Jahre 1996 durchgeführte Erhebungen über den Cu-Gehalt von Kalbslebern in diesen Ländern ergaben häufig Werte, die

$$Y = 49.5606 + 10.2898 * X$$

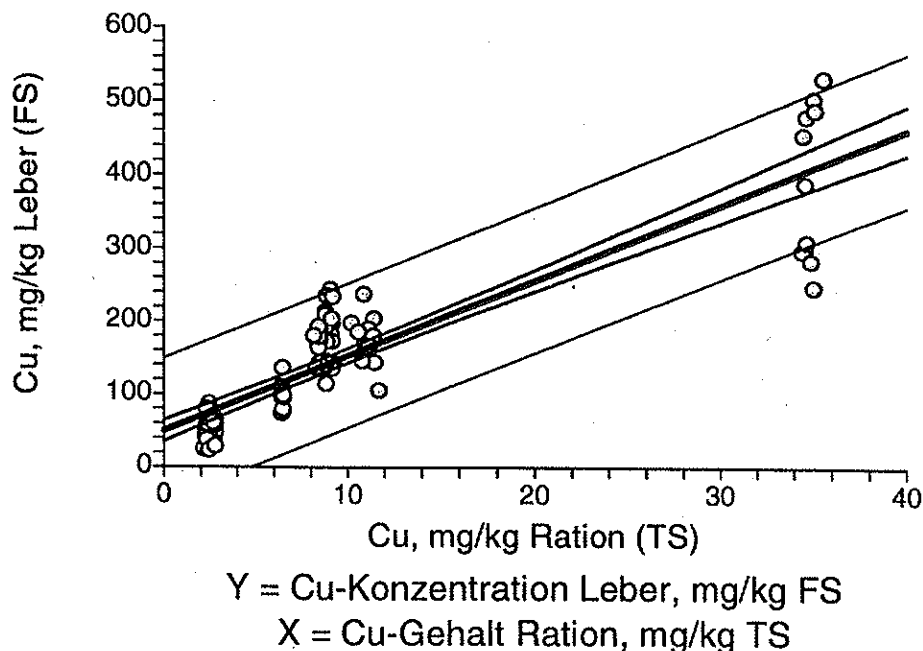


Abb. 1. Beziehung zwischen Cu-Aufnahme über die Ration und Cu-Konzentration in der Leber von Mastkälbern.

deutlich über 400 mg/kg FS lagen. Um einen Überblick über die Cu-Konzentration von Kalbslebern in der Schweiz zu erhalten, hat 1996 das Bundesamt für Veterinärwesen (BVET) in zehn Schlachthöfen 100 Proben von Kalbslebern gezogen und die Cu-Konzentration bestimmt. Der durchschnittliche Gehalt der Proben lag bei  $66 \pm 66$  mg je kg FS (Dafflon *et al.* 1996) und war damit deutlich tiefer als in Deutschland und Holland. Nur 3 % der Proben wiesen Werte von über 250 mg je kg FS auf, wobei der höchste analysierte Wert bei 284 mg/kg FS lag.

Im Zusammenhang mit einer Vitaminerhebung der RAP (Kessler und Morel 1998), in welcher in fünf Schlachthöfen insgesamt vierzig Kalbslebern aufgekauft wurden, wurde auch der Cu-Gehalt der Leber bestimmt. Der mittlere Cu-Gehalt von  $63 \pm 79$  mg je kg FS deckt sich dabei mit den vom BVET publizierten Werten. Nur zwei Lebern (5 %) wiesen mit 289 und 334 mg Cu je kg FS Werte über 250 mg je kg FS auf. Knapp 8 % der Lebern waren es in einer Untersuchung von Taubert (1998). Untersucht wurden dabei 242 Lebern von Kälbern aus schweizerischen Schlachthöfen im Zeitraum 1996 bis 1998.

## Einfluss des Fütterungsregimes

Wie bereits erwähnt, beziehen sich die Resultate der RAP-Versuche auf eine Ra-

tion, welche sich zur Hauptsache aus Vollmilch zusammensetzt. Die Frage stellt sich unter anderem, wie sich eine Ration aus Milchnebenprodukten auf den Cu-Gehalt der Leber auswirkt. Dies gilt insbesondere für die häufig eingesetzten Schotte- und Buttermilchkonzentrate, welche einen relativ tiefen pH-Wert (4,5 - 5,1) aufweisen und stets mit einem Milchaustauschfuttermittel ergänzt werden müssen. Wie die Cu-Leberwerte von zwei an der RAP mit Milchnebenprodukten gemästeten Kälbern erkennen lassen, scheint dieser Rationstyp die Cu-Einlagerung in der Leber zu fördern. So wiesen die beiden Tiere bei einem Cu-Gehalt in der Ration von 7 mg/kg TS Cu-Leberkonzentrationen von 423 und 287 mg je kg FS auf. Gemäss unserer Regression müssten die Werte unter 270 mg/kg FS ( $\bar{x} + 3s$ ) liegen. Die Grundration des einen Tieres bestand aus Schotte bis 100 kg Lebendgewicht (LG) und ab 100 kg LG aus einem Gemisch von Schotte- und Buttermilchkonzentrat. Das gleiche Gemisch wurde dem zweiten Tier während der ganzen Mastdauer verfüttert. Die an der RAP gemachte Beobachtung wird durch Erfahrungen aus der Praxis bestätigt. So wiesen auch in der BVET-Erhebung diejenigen Kälber, die mit Milchnebenprodukten gemästet wurden, hohe Cu-Leberkonzentrationen auf. Dies ergab eine Nachfrage bei den entsprechenden Kälbermästern. Der Cu-Gehalt der Rationen konnte leider nicht zu-

rückverfolgt werden. Ursache der hohen Cu-Leberkonzentrationen dürfte unter anderem der tiefe pH-Wert der Milchnebenprodukte sein, der sich fördernd auf die Cu-Absorption auswirkt. Eine mögliche Cu-Kontamination der Milchnebenprodukte während der Käse- oder Butterherstellung sowie vom Leitungswasser kann in unseren Untersuchungen als Ursache ausgeschlossen werden.

## Folgerung

Die Versuche an der RAP haben gezeigt, dass die Cu-Konzentrationen in den Kalbslebern bei vergleichbarem Cu-Angebot in der Ration mit einem Variationskoeffizient von rund 10 bis 35 % erheblich streuen. Im weiteren besteht zwischen dem Cu-Gehalt der Ration und der Cu-Konzentration in der Leber im Bereich 2 bis 30 mg Cu je kg Futter-TS eine enge Beziehung ( $R^2 = 0,804$ ). Bei einer auf Vollmilch basierenden Ration mit einem Cu-Gehalt im Bereich von 8 mg/kg TS (RAP-Fütterungsempfehlung) beträgt nach den RAP-Untersuchungen die mittlere Cu-Konzentration in der Leber  $161 \pm 43$  mg je kg FS (Maximalwert 244 mg/kg FS). Sie liegt damit unter dem Wert von 250 mg Cu pro kg Frischsubstanz. Die 250 mg je kg FS entsprechen der Konzentration, die aus Sicht der Tiergesundheit als auch aus lebensmittelhygienischer Sicht als möglicher Grenzwert zur Diskussion steht.

Aus den vom Bundesamt für Veterinärwesen und der RAP durchgeführten Praxiserhebungen geht hervor, dass verschiedene Grössen wie Rasse, Haltung, Mastdauer, Fütterungsregime sowie Cu-Gehalt der Ration die Verwertung sowie Einlagerung des Cu in die Leber beeinflussen und Ursache der extrem hohen Variation in den Cu-Leberkonzentrationen sein können. Aufgrund der in den Schlachthöfen gesammelten Leberproben muss bei der Cu-Leberkonzentration mit einem Variationskoeffizient von 100 bis 125 % gerechnet werden. Aus den Erhebungen geht zudem hervor, dass Cu-Leberkonzentrationen von über 250 mg je kg FS in weniger als 5 % der Proben vorkommen und bei Verfütterung von sauren Milchnebenprodukten (pH-Wert < 5,0) häufiger sind.

## LITERATUR

■ Dafflon O., Scheurer L., Gobet H., Koch H. und Haldimann M., 1996. Kupfer, Eisen, Zink und Ma-

gnesium in Kalbslebern und -nieren. *Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg.* 87, 559 - 573.

■ Davis K. and Mertz W., 1987. Copper. In: Mertz W. Ed., Trace elements in human and animal nutrition - Fifth Edition, Volume 1, Academic Press, San Diego, 301 - 364.

■ Dieckhoff H.-J., 1986. Vergiftung von Haussäugetieren mit dem Schwermetall Kupfer unter besonderer Berücksichtigung der Wiederkäuer (eine Literaturstudie). Inaugural-Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover, 206 S.

■ FAG, 1994. Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer. LmZ, Zollikofen, 328 S.

■ Futtermittelbuch-Verordnung 1995. EDMZ Bern, 140 S.

■ Hecht H. und Honisch E., 1997. Spurenelemente in Kalbslebern. *Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Fleischforschung Kulmbach* 136, 149 - 157.

■ Jenkins K.J. and Hidiroglou M., 1989. Tolerance of the calf for excess copper in milk replacer. *J. Dairy Sci.* 72, 150 - 156.

■ Jilg T., Eckstein B. und Unglaub W., 1997. Kupfergehalte in Kälberlebern bei unterschiedlicher Kupfersupplementierung über Milchaustauscher. Versuchsbericht Nr. 4. Staatl. Lehr- und Versuchsanstalt Aulendorf, 10 S.

■ Kessler J. und Morel L., 1998. Vitamin A-Konzentration in Kalbslebern: Eine Praxiserhebung. *Agrarforschung* 5 (5), 225 - 227.

■ Lamand M., 1991. Les oligoéléments en médecine vétérinaire. In: Chappuis Ph. Ed., Les oligoéléments en médecine et biologie. Lavoisier TEC & DOC, Paris, 77 - 110.

■ Paragon B.-M., 1995. Sci. minéraux & alimentation des ruminants. Compagnie des Salins du Midi et des Salines de l'Est, France, 80 p.

■ Puls R., 1990. Mineral levels in animal health. Sherpa International, Clearbrook, Canada, 240 p.

■ Taubert H., 1998. Kupfer in Kalbslebern. MGB Wissenschaftliche Dienste Courtepin, 8 S.

■ Ward J.D., Spears J.W. and Gengelbach G.P., 1995. Differences in copper status and copper metabolism among Angus, Simmental and Charolais cattle. *J. Anim. Sci.* 73, 571 - 577.

■ Weiss E. und Baur P., 1968. Experimentelle Untersuchungen zur chronischen Kupfervergiftung des Kalbes. *Zentralblatt für Veterinärmedizin, Reihe A*, 15, 156 - 184.

## RÉSUMÉ

**Teneur en cuivre dans les foies de veau: résultats expérimentaux et de la pratique**

Plusieurs essais d'engraissement de veaux ont été conduits dans le but de déterminer l'influence de la teneur en cuivre (Cu) dans la ration sur la concentration en cuivre dans les

foies. Les rations étudiées contenaient respectivement 2, 6, 8, 10 et 30 mg Cu par kg de matière sèche (MS). Le cuivre se trouvait sous forme de sulfate. Jusqu'à 100 kg poids vif (PV), la ration était composée de lait entier et d'un concentré de substances actives. A partir de 100 kg PV, cette ration a été complétée avec un aliment d'allaitement. Parallèlement à ces essais, 40 foies de veau ont été achetés dans différents abattoirs de Suisse et leur teneur en Cu analysée.

Avec des teneurs en Cu de 2, 6, 8, 10 et 30 mg par kg MS dans la ration, les teneurs correspondantes en Cu dans les foies ont atteint en moyenne  $52 \pm 17$  mg,  $97 \pm 18$  mg,  $170 \pm 19$  mg,  $178 \pm 35$  mg et  $389 \pm 108$  mg par kg de matière fraîche (MF). A l'intérieur de chaque variante, soit avec un apport en Cu identique et dans des conditions comparables, le coefficient de variation se situe environ entre 10 et 35 %. Une relation étroite est observée entre la teneur en Cu dans la ration et la concentration en Cu dans le foie ( $R^2 = 0,804$ ). La concentration moyenne en Cu dans les foies de veau prélevés dans les abattoirs se situe à  $63 \pm 79$  mg par kg MF. Cinq pour-cent seulement des échantillons présentent des valeurs supérieures à 250 mg par kg MF. Cette valeur correspond à la concentration qui, sur les plans de la santé animale et de l'hygiène des denrées alimentaires, est en discussion comme valeur limite possible.

## SUMMARY

### The effect of dietary copper levels on copper concentration in calf livers

In a series of feeding trials with veal calves, the effect of dietary Cu levels on the Cu concentration in calf livers was investigated. The examined rations contained per kg of dry matter (DM) 2, 6, 8, 10 and 30 mg of Cu. The copper was added as sulfate. Up to a live weight of 100 kg, the ration was composed of whole milk upgraded with minerals and vitamins. This ration was supplemented with a milk replacer once the calves had reached 100 kg. In addition to the feeding trials, 40 calf livers were bought from several slaughter houses across Switzerland and the corresponding Cu contents were analysed.

With a dietary Cu level of 2, 6, 8, 10 and 30 mg per kg of DM, the average Cu concentrations of the corresponding livers were  $52 \pm 17$  mg,  $97 \pm 18$  mg,  $170 \pm 19$  mg,  $178 \pm 35$  mg and  $389 \pm 108$  mg on a fresh matter basis. The coefficient of variation varied between around 10 % and 35 % for a comparable Cu supply. There exists a close relationship between the dietary and hepatic Cu concentration ( $R^2 = 0.804$ ). The Cu content of the slaughter house livers averaged  $63 \pm 79$  mg per kg of FM. Only 5 % of the liver samples surpassed 250 mg Cu per kg of FM. These 250 mg Cu per kg of FM is the concentration which is under discussion as a possible threshold value for the animals and food hygiene reasons.

**KEY WORDS:** veal calves, copper supply, liver copper concentration