

# CERULOPLASMIN, KUPFER- UND EISENGEHALT IM BLUTPLASMA BEIM SCHWEIN UND IHRE BEZIEHUNGEN ZU LEISTUNGSEIGENSCHAFTEN

Ceruplasmin, cooper and iron content in the blood plasma of pigs and their relations to performance characteristics

Contenido en ceruloplasmina, cobre y hierro en el plasma sanguíneo del cerdo y sus relaciones con las características de producción

I. REETZ \*

H. FEDER \*

Nach Untersuchungen von KIRCHGESSNER u. GRASSMANN (1970), McKEE u. FRIEDEN (1971) sowie GRASSMANN (1973) sind Ceruloplasmin, Kupfer und Eisen im Stoffwechselgeschehen eng miteinander verknüpft. Hervorzuheben ist hierbei, daß das Kupfer im Blutplasma beim Menschen und verschiedenen Tierarten zu 90 % und mehr an Ceruloplasmin gebunden vorliegt (HOLMBERG u. LAURELL, 1947; EVANS u. WIEDERANDERS, 1967). Eine entscheidende Rolle spielt im Kupferstoffwechsel nach HAZELRIG u. Mitarb. (1966) die Leber, in der das gesamte aufgenommene Kupfer nicht nur umgesetzt oder gelagert wird sondern auch die Ceruloplasminsynthese und die Kupferbindung an Ceruloplasmin stattfindet. Die Synthesekapazität der Leber für Ceruloplasmin scheint allerdings begrenzt zu sein (HAZELRIG u. Mitarb., 1966).

Beim Schwein findet man im Gegensatz zu anderen Tierarten den zwei- bis mehrfachen Gehalt an Ceruloplasmin und Kupfer im Blutplasma vor, wobei das Kupfer aber nur bis zu 56 % an Ceruloplasmin gebunden vorkommt (EVANS u. WIEDERANDERS, 1967). Wie zahlreiche Fütterungsversuche mit Cu-Zulagen zum Futter zeigen, können durch Anregung des Kupfermetabolismus im allgemeinen günstige Wirkungen auf die Entwicklung wachsender Schweine erzielt werden (s. MEYER u. KRÖGER, 1973). Im Rahmen einer Populationsuntersuchung an Tieren der Dt. Landrasse erschien es uns daher sinnvoll, auch der Frage nach den Wechselwirkungen zwischen dem Ceruloplasminsystem bzw. dem Ceruloplasmin-, Kupfer- und Eisen-gehalt im Blutplasma und ihren Beziehungen zu Leistungseigenschaften nachzugehen.

---

\* Institut für Tierzucht und Vererbungsforschung der Tierärztlichen Hochschule Hannover, 3 Hannover-Kirchrode, Bünteweg 17, Bundesrepublik Deutschland.

MATERIAL UND METHODIK

Für vorliegende Untersuchung standen 1007 weibliche Tiere der Dt. Landrasse zur Verfügung, die unter identischen Bedingungen in einer Mastprüfungsanstalt gemästet wurden (Mastabschnitt 30-100 Kg) und bei gleichem Mastendgewicht (100 Kg) zur Schlachtung kamen. Die Mast- und Schlachtdaten wurden dankenswerterweise von der Prüfungsanstalt zur Verfügung gestellt. Das für die Analysen benötigte Blut wurde am Schlachthof beim Stechen der Tiere gewonnen und in heparinisierte Röhrchen gefüllt. Der Nachweis der genetisch determinierten Ceruloplasminotypen geschah mittels Stärkegel-Elektrophorese in Anlehnung an die Methode von IMLAH (1964). Der Kupfer und Eisengehalt im Blutplasma wurde atomabsorptionsspektrophotometrisch ermittelt (Verdünnung: 1 Vol. Plasma: 1 Vol. 0.1 NHCl), und die Feststellung des Ceruloplasmingehaltes im Plasma erfolgte nach der Methode von COLOMBO u. RICHTERICH (1964). Die statistische Analyse der Ergebnisse wurde entsprechend den Angaben von LE ROY (1966) durchgeführt, wobei bei der Berechnung der Heritabilitätswerte gemäß dem Vorschlag von FLOCK (1967) ein gewisser Inzuchtgrad Berücksichtigung fand.

ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Von den bei IMLAH (1964) beschriebenen drei Ceruloplasminphänotypen konnten nur der homozygote Typ *BB* und der heterozygote Typ *AB* nachgewiesen werden. Unter 1007 Proben war allerdings nur ein *AB*-Typ zu verzeichnen, so daß die Ausprägung des Ceruloplasminsystems in dieser Population als monomorph bezeichnet werden kann. Damit liegen in dieser Population ähnliche oder auch gleiche Verhältnisse vor, wie sie bereits für andere europäische Rassen beschrieben worden sind (IMLAH, 1964; BEGOVIC u. HESSELHOLT, 1967; BAKER, 1968).

Mittelwerte, Standardabweichungen, Variationskoeffizienten der untersuchten quantitativen Kriterien sind in Tabelle 1 enthalten. Die Variationsbreiten für Ceruloplasmingehalt, Plassmaeisen, Fleisch-Fett-Verhältnis und Fleischhelligkeit

TABELLE 1

MITTELWERTE ( $\bar{x}$ ), STANDARDABWEICHUNGEN ( $s$ ), VARIATIONSKOEFFIZIENTEN ( $V_k$ ) UND VARIATIONSBREITEN  $N = 1007$

	$\bar{x}$	$s$	$V_k$	Variationsbreite
Ceruloplasmin i. Plasma (mg %) ... ..	93.34	19.03	20.4	52 - 146
Cu » » (µg %) ... ..	239.23	19.56	8.2	199 - 299
Fe » » (µg %) ... ..	193.26	44.70	23.1	112 - 337
tägliche Zunahmen (g) ... ..	833.05	88.27	10.6	597 - 1127
Rückenspeckdicke (cm) ... ..	2.78	0.36	12.9	1.8 - 3.8
Schlantgewicht (Kg) ... ..	77.31	3.25	4.2	71.5 - 85.0
Schinkengewicht (Kg) ... ..	11.97	0.54	4.5	10.3 - 13.7
Fleisch-Fett-Verhältnis ... ..	0.57	0.12	21.0	0.27 - 1.03
Fleischhelligkeit (Göfowert) ... ..	53.99	12.57	23.3	19 - 84

sind hier besonders hervorzuheben und finden ihren Niederschlag in der Größe des jeweiligen Variationskoeffizienten. Die Mittelwerte für Kupfer und Eisen stehen im Einklang mit Angaben in der Literatur (EVANS u. WIEDERANDERS, 1967; FORSTNER, 1968). In Bezug auf Ceruloplasmin konnten keine vergleichbaren Angaben gefunden werden.

Für die Berechnung der Heritabilitätswerte dieser Kriterien konnten aus der Gesamtanzahl 648 Tiere verwendet werden, die zu 324 Sauengruppen gehörten und von 105 Ebern abstammten. In Tabelle 2 sind die Heritabilitätswerte und

TABELLE 2

HERITABILITÄTSWERTE ( $h^2$ ) UND STANDARDABWEICHUNGEN VON  $h^2$   
 $N = 648, n_s = 105, n_m = 324$

	$h^2 (v + m)$	$sh^2$
Ceruloplasmin i. Plasma (mg %) ... ..	0.73	0.17
Cu » » (µg %) ... ..	0.45	0.16
Fe » » (µg %) ... ..	0.43	0.16
tägliche Zunahmen (g) ... ..	0.87	0.21
Rückenspeckdicke (cm) ... ..	0.54	0.18
Schlachtgewicht (Kg) ... ..	0.20	0.15
Schinkengewicht (Kg) ... ..	0.49	0.16
Fleisch-Fett-Verhältnis ... ..	0.72	0.10
Fleischhelligkeit (Göfowert) ... ..	0.56	0.16

die dazugehörigen Standardabweichungen zusammengestellt. Wie die Tabelle zeigt, weisen mit Ausnahme des Schlachtgewichtes alle Merkmale mittlere bis hohe Erblchkeitsgrade auf. Die Werte für Ceruloplasmin, tägliche Zunahmen und Fleisch-Fett-Verhältnis ragen dabei besonders heraus. Selbst unter Berücksichtigung einer möglichen rechnerischen Überschätzung der Werte, liegt somit für letztgenannte Merkmale eine starke genetische Determination vor. Der hohe Erblchkeitsgrad des Ceruloplasmingehaltes wird im übrigen durch die Hinweise von HAZELRIG u. Mitarb. (1966) und die Untersuchungen von HAYTER u. Mitarb. (1973) an Schafen untermauert.

Die Wechselwirkungen zwischen den untersuchten Blutkriterien und ihre Beziehungen zu den Leistungsmerkmalen sind in Tabelle 3 anhand der Korrelationskoeffizienten dargestellt. Bei der Beurteilung der Korrelationskoeffizienten muß berücksichtigt werden, daß für diese Berechnungen vorab eine Korrektur der Daten nach jahreszeitlichen Effekten, Alterseffekten und Effekten des Stallengewichtes stattgefunden hat.

Wie die Tabelle zeigt, bestehen hoch gesicherte Korrelationen zwischen Ceruloplasmin, Kupfer und Eisen. Hiermit scheinen sich die Ergebnisse von GRASSMANN (1973) an Ratten zu bestätigen, wonach Ceruloplasmin die Mobilisierung von Kupfer und Eisen katalysiert und andererseits beide Mineralien, um aktiviert werden zu können, auch in einem ausgewogenen Verhältnis zueinander verfügbar sein müssen.

Weiterhin sind gesicherte negative Beziehungen zwischen Ceruloplasmin sowie

TABELLE 3

KORRELATIONEN ZWISCHEN BLUT- UND LEISTUNGSMERKMALEN (KORRIGIERTE DATEN)  
 N = 1007

	Korrelationskoeffizienten <i>r</i>		
	Ceruloplasmin (mg %)	Cu (µg %)	Fe (µg %)
Cu im Plasma (µg %) ... ..	0.672 ***	—	—
Fe » » (µg %) ... ..	0.164 ***	0.480 ***	—
tägliche Zunahmen (g) ... ..	— 0.120 ***	— 0.120 ***	— 0.029 NS
Rückenspeckdicke (cm) ... ..	— 0.098 **	— 0.067 *	— 0.006 NS
Schlachtgewicht (Kg) ... ..	0.096 **	— 0.029 NS	0.104 ***
Schinkengewicht (Kg) ... ..	0.101 **	0.058 NS	0.079 *
Fleisch-Fett-Verhältnis... ..	— 0.074 *	0.003 NS	0.003 NS
Fleischhelligkeit (Göfowert)...	— 0.002 NS	0.020 NS	0.032 NS

\*\*\*  $P \leq 0,1 \%$        $r \geq \pm 0,104$   
 \*\*  $P \leq 1 \%$        $r \geq \pm 0,082$   
 \*  $P \leq 5 \%$        $r \geq \pm 0,062$

Kupfer und den Leistungskriterien tägliche Zunahmen, Rückenspeckdicke und Fleisch-Fett-Verhältnis und gesicherte positive Beziehungen zwischen Ceruloplasmin sowie Eisen und den Merkmalen Schlachtgewicht und Schinkengewicht festzustellen.

Diese Ergebnisse deuten an, daß Ceruloplasmin zwar die Mobilisierung beider Mineralien katalysiert, Kupfer und Eisen aber in Bezug auf Leistungsmerkmale unterschiedliche metabolische Wirkungen besitzen. Die Beziehung zwischen Kupfer und Rückenspeckdicke könnte darüberhinaus ein Hinweis dafür sein, daß das Kupfer insbesondere auf den Fettstoffwechsel einwirkt. In diese Richtung weisen auch die Fettkonsistenzänderungen, wie sie bei Kupferfütterungsversuchen an Schweinen aufgetreten sind (s. MEYER u. KRÖGER, 1973).

Zusammenfassend bleibt festzustellen, daß sich der Ceruloplasmingehalt im Blutplasma in der untersuchten Population und bei der angewandten Methodik als ein hoch erbliches Merkmal erwies und in Verbindung mit Kupfer und Eisen gesicherte Wirkungen auf Leistungseigenschaften ausübte. Inwieweit dieses Merkmal allerdings als Selektionskriterium Anwendung finden könnte, müßte durch weitere Untersuchungen geklärt werden.

### ZUSAMMENFASSUNG

An 1007 weiblichen Tieren der Dt. Landrasse, die unter identischen Bedingungen gemästet worden sind (Mastendgewicht 100 Kg), wurden die genetisch determinierten Ceruloplasmintypen und der Ceruloplasmin-, Kupfer- und Eisengehalt im Blutplasma ermittelt und ihre Beziehungen zu Leistungseigenschaften untersucht.

Bezüglich des Ceruloplasminsystems konnte in 1006 Fällen der homozygote Typ *BB* und in einem Fall der heterozygote Typ *AB* nachgewiesen werden.

Die statistische Analyse der quantitativen Merkmale erbrachte die folgenden Ergebnisse:

Alle untersuchten Merkmale, mit Ausnahme des Schlachtgewichtes, zeigten mittlere bis hohe  $h^2$ -Werte.

Zwischen dem Ceruloplasmin-, Kupfer- und Eisengehalt bestanden hoch signifikante Korrelationen. Weiterhin traten gesicherte Korrelation zwischen den Blutmerkmalen und verschiedenen Leistungseigenschaften auf.

Die Ergebnisse sind in drei Tabellen zusammengestellt.

#### SUMMARY

1007 female pigs of the German Landrace, fattened under identical conditions (final fattening weight 100 Kg), were examined on the genetical determined ceruloplasmin phenotypes and the ceruloplasmin, copper and iron content in the blood plasma. Further on these blood characters were analysed in their relations to performance characteristics.

In view of the ceruloplasmin system in 1006 cases there could be pointed out the homozygous type *BB* and in one case the heterozygous type *AB*.

In the statistical analysis of the quantitative characters there could be seen the following results:

All the examined characters, except the hot carcass weight, have shown medium to high  $h^2$  values.

The ceruloplasmin, copper and iron content were highly significant correlated to each other. There were significant correlations between the blood characters and different performance characteristics, too.

The obtained results are tabulated.

#### RESUMEN

Se alimentó de manera idéntica a 1.007 cerdas Landrace alemán (peso final, 100 Kg), examinándoselas para la determinación de los fenotipos de ceruloplasmina y para el contenido en ceruloplasmina, cobre y hierro en el plasma sanguíneo. Además, se determinaron las relaciones de estos caracteres con los de producción.

En cuanto al sistema ceruloplasmina, demostraron ser, en 1.006 casos, del tipo homocigote *BB*, y en un solo caso, del heterocigote *AB*.

En el análisis estadístico de los caracteres cuantitativos se obtuvieron los resultados siguientes:

Todos los caracteres examinados, excepto el peso de la canal en caliente, demostraron valores elevados de  $h^2$ .

El contenido en ceruloplasmina, cobre y hierro estuvo altamente correlacionado. Hubo correlaciones significativas entre los caracteres sanguíneos y diversas características de rendimiento, además.

Se tabulan los resultados obtenidos.

## LITERATUR

- BAKER, L. N. (1968): Serum protein variation in Duroc and Hampshire pigs. *Vox Sang.* 15, 154-158.
- BEGOVIC, J., u. M. HESSELHOLT (1967): Serum protein polymorphism in Yugoslav and Dutch pig breeds. *Arsberetn. Inst. Sterilitetsforsk.* 75-90.
- COLOMBO, J. R., u. R. RICHTERICH (1964): Zur Bestimmung des Cäruoplasmins im Plasma. *Schw. med. Wschr.*, 94, 715-720.
- EVANS, J. V., u. R. E. WIEDERANDERS (1967): Blood copper variation among species. *Am. J. Physiol.*, 213, 1183-1185.
- FLOCK, D. (1967): Berechnung des durchschnittlichen Verwandtschaftsgrades aus der Häufigkeit von Geschwisterpaaren. *Z. Tierz. Züchtungsbiol.* 83, 235-239.
- FORSTNER, M. J. (1968): Serumanalytische Untersuchungen an Schweinen und Rindern verschiedenen Alters. *Zbl. Vet. med.*, 15 R. A., 76.
- GRASSMANN, E. (1973): Zur Interaktion von Kupfer und Eisen im tierischen Stoffwechsel. *Zschr. Tierphysiol. Tierern. Futtermittelk.*, 32, 12.
- HAYTER, S.; G. WIENER u. A. C. FIELD (1973): Variation in the concentration of copper in the blood plasma of Finnish Landrace and Merinosheep and their crosses with reference to reproductive performance and age. *Anim. Prod.*, 16, 261-269.
- HAZELRIG, J. B.; C. A. OWEN u. E. ACKERMAN (1966): A mathematical model for copper metabolism and its relation to WILSON's disease. *Am. J. Physiol.*, 211, 1075.
- HOLMBERG, C. G., u. C. B. LAURELL (1947): Investigations in serum copper. I. Nature of serum copper and its relation to the iron-binding protein in human serum. *Acta Chem. Scand.*, 1, 944.
- IMLAH, P. (1964): Inherited variants in Serum Ceruloplasmins of the pigs. *Nature*, 203, 658-659.
- KIRCHGESSNER, M., u. E. GRASSMANN (1970): Untersuchungen zur Kupferverfügbarkeit mit Ceruloplasmin als Testenzym. *Zschr. Tierphysiol. Tierern. Futtermittelk.*, 26, 340-344.
- McKEE, D. J., u. E. FRIEDEN (1971): Binding of Transition Metal Ions by Ceruloplasmin (Ferroxidase). *Biochemistry*, 10, 3880-3883.
- LE ROY, H. L. (1966): *Elemente der Tierzucht*. Bayer. Londw. Verl., München, Basel, Wien.
- MEYER, H., u. H. KRÖGER (1973): Kupferfütterung beim Schwein. *Übers. Tierernährg.*, 1, 9-44.