

# UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN EINFLUSS HOHER UMGEBUNGSTEMPERATUREN AUF EINIGE FAKTOREN DES INNEREN MILIEUS BEIM SCHWEIN

▲ 17

M. Steinhardt und Sh. Georgiev

Der funktionelle Zustand der Tiere vor der Schlachtung übt einen starken Einfluß auf die Qualität der daraus hergestellten Produkte aus. In einer großen Anzahl von Untersuchungen sind verschiedene Faktoren dieser Beziehung berücksichtigt worden. Eine zusammenfassende Darstellung dieser Problematik, insbesondere unter dem Gesichtspunkt der Muskeldegeneration, wird durch RÜLCKER (1968) gegeben. In der vorliegenden Arbeit werden Ergebnisse aus mehreren Untersuchungen berichtet, die unter solchen Bedingungen gewonnen werden, die stehen während des Tiertransportes und vor der Schlachtung sehr ähnlich sind. Im Vordergrund stehen körperliche und thermale Belastungen sowie die Erregung und eine unzureichende Wasserversorgung der Tiere. Die aufgezeigten Veränderungen verschiedener Funktionen und des inneren Milieus ermöglichen Schlußfolgerungen über die zu erwartende Qualität der Fleischprodukte und für die Schaffung von Bedingungen, um solche Veränderungen zu verhindern. Sie können zur Klärung einiger bisher vorliegender Befunde beitragen. Das innere Milieu des Organismus ist in diesem Sinne das Plasma und die Flüssigkeit, die die Zellen und andere Gewebelemente umgibt. Die Stabilität des inneren Milieus, die durch die Konstanz des osmotischen Druckes, des pH-Wertes, der Ionenzusammensetzung und der Volumina gekennzeichnet ist, bildet die erste Voraussetzung eines freien und unabhängigen Lebens.

Eine Laufarbeit der Schweine bei Zimmertemperaturen hat eine Erhöhung der Rektaltemperatur (RT) bis zu  $3^{\circ}\text{C}$  zur Folge (LYHS u. WACHTEL, 1966). Der Grad der Erhöhung der RT durch eine Standardlaufarbeit ist bei gegebener Körpermasse (KM) der Schweine in hohem Maße von der Umgebungstemperatur (UT) abhängig (STEINHARDT, 1966). Die Begrenzung der Laufleistungsfähigkeit war eng mit dem Anstieg der RT verbunden. Es geht daraus hervor, daß auch die körperliche Belastung eine Beziehung zur Wärmeregulation des Organismus hat und insbesondere vom Grad und von der Variabilität der thermalen Isolation abhängig ist. Haus- und insbesondere vom Grad und von der Variabilität der thermalen Isolation abhängig ist. Haus- und insbesondere vom Grad und von der Variabilität der thermalen Isolation abhängig ist. Haus- und insbesondere vom Grad und von der Variabilität der thermalen Isolation abhängig ist. Haus- und insbesondere vom Grad und von der Variabilität der thermalen Isolation abhängig ist. Haus- und insbesondere vom Grad und von der Variabilität der thermalen Isolation abhängig ist. Haus- und insbesondere vom Grad und von der Variabilität der thermalen Isolation abhängig ist.

## 1. Wärmespeicherung, Wärmeentspeicherung.

Einige der Fragen, die mit der körperlichen Belastung und der Wärmebelastung der Schweine verbunden sind, betreffen die Faktoren, die die Ausbildung der Hyperthermie und die Wiederherstellung der Normothermie beeinflussen, den Grad der Hyperthermie, den die Schweine ertragen können und den Punkt, an welchem die Regulationsfähigkeit der Tiere überschritten wird.

Die Ausbildung einer Hyperthermie an Schweinen in verschiedenen Entwicklungsstadien bei UT von  $35^{\circ}\text{C}$  und konstanter Luftfeuchtigkeit (RT-Erhöhung  $3-3,5^{\circ}\text{C}$ ) führt zu dem Ergebnis, daß außer der KM die Körperzusammensetzung und funktionelle Faktoren der einzelnen Entwicklungsstadien von größerer Bedeutung sind. Die bis zum Erreichen des festgelegten Grades der Hyperthermie benötigte Zeit beträgt 221, 293, 340 und 157 min bei Schweinen von 20-25, 40-45, 60-65 und 80-95 kg. Sie ist am größten bei den Schweinen von 60-65 kg.

Die gespeicherte Wärmemenge kann aus der Erhöhung der RT, der KM der Tiere und der spezifischen Wärme von 0,83 kcal/kg errechnet werden (BURTON u. EDHOLM 1955). Die Wärmespeicherungsrate bildet mit der Körpermasse der Schweine eine e-Funktion. Sie wird bis zu einer KM von 60-65 kg nur geringgradig von 17 auf 27 kcal/h erhöht und erst bei 80-95 kg mit 76 kcal/h bedeutend gesteigert. Während bei der Ausbildung der Hyperthermie morphologische und funktionelle Besonderheiten der einzelnen Entwicklungsstadien der Schweine in den Relationen zum Ausdruck kommen, scheint bei der Wiederherstellung der Normothermie bei UT 18-22°C die KM der mestimmende Faktor zu sein. Der RT-Abfall steht in einer negativen linearen Funktion und die Wärmeentspeicherung in positiver linearer Beziehung mit der KM. Die Tiere mit einer KM von 20-25 kg erreichen 60 min nach Beendigung der Wärmebelastung die Ausgangswerte der RT. Aus dem RT-Abfall der übrigen Gruppen läßt sich errechnen, daß bei Schweinen von 40-45, 60-65 und 80-95 kg die Ausgangswerte der RT 71,78 und 92 min nach der Beendigung der Wärmebelastung erreicht sein werden. Es läßt sich die Schlußfolgerung ziehen, daß sowohl Schweine mit kleiner KM als auch solche mit großer KM gegenüber hohen UT empfindlich sind. Die Anpassungsfähigkeit wird insbesondere durch funktionelle Besonderheiten der unterschiedlichen Entwicklungsstadien beeinflusst. Wenn die Schweine durch vermehrte Muskelarbeit, Erregung oder hohe UT bedingt, eine Hyperthermie haben, so ist die Wiederherstellung der Normothermie bei gegebener UT und bei Einzeltieren von der KM der Schweine abhängig und bei gegebener KM von der UT. Die obere Grenze der Verträglichkeit der Hyperthermie liegt zwischen 42,5 und 43,5°C. Hausschweine mit einer KM von 60-65 kg haben aus morphologischer und funktioneller Sicht gegenüber einer Wärmebelastung offensichtlich die günstigsten Voraussetzungen. Aus Untersuchungen über die Körperzusammensetzung der Schweine (CUTHBERTSON u. POMEROY 1962, BROOKS u. Mit. 1964) geht hervor, daß die Muskelbildung bis zu einer KM von 70 kg überwiegt und danach in verringertem Maße erfolgt. Zwischen 70 und 120 kg überwiegt jedoch noch nicht der Fettgehalt des Körpers. Die Muskulatur enthält den größten Teil des Wassers. Das Fett enthält sehr wenig Wasser. Der Gesamtkörperwassergehalt nimmt linear, der Gehalt an extrazellulärem Wasser exponentiell mit der Zunahme der KM ab (HÖRNICKE 1962). Der intrazelluläre Wassergehalt steigt jedoch bis zu einer KM von 60-65 kg an und fällt bei größerer KM wieder ab. Untersuchungen über die Hämoglobinemenge ergaben, daß Schweine von 60-65 kg KM sowohl in Ruhe als auch nach Erregung die höchste relative Hämoglobinemenge haben (STEINHARDT u. Mit. 1970). Diese Tiere haben die niedrigste Herzschlagfrequenz in Ruhe und während der Ausbildung der Hyperthermie. Diese Befunde weisen darauf hin, daß Schweine von dieser KM die größte Muskelmasse haben.

## 2. Wasserhaushalt, Osmolarität.

Ein anderes wichtiges Problem stellt der Wasserhaushalt und die Wasserversorgung der Schweine dar. Die Untersuchungen von HÖRNICKE (1962) zeigen, daß insbesondere der extrazelluläre Wasser mit der Zunahme der KM stark abnimmt. Bei hohen UT steigt der Wasserverbrauch der Schweine an (HOLMES u. MOUNT 1967). Wenn Mastschweine mit einem geringen extrazellulären Wassergehalt längere Zeit keine Gelegenheit zur Wasseraufnahme hatten und einer Wärmebelastung ausgesetzt sind, so werden an ihre Regulationsfähigkeit besonders hohe Anforderungen gestellt. Ein stärkerer Wasserverlust unter diesen Bedingungen kann einer der wesentlichen Faktoren sein, die die Anpassungsfähigkeit der Tiere begrenzen. In den vorliegenden Untersuchungen ist die Frage des Wasserverlustes berücksichtigt worden. Beim Hausschwein in Hyperthermie stellt der Wasserverlust durch den Harn und Speichel anscheinend den Hauptanteil dar, da die Wasserabgabe durch die Haut der Flanke und Bauchwand bis zu einer RT von 41°C bei 2-12 Monate alten Schweinen (Large White, Landrasse) um 30 g/m<sup>2</sup> · h liegt und nur in der Achselgegend bis 80 g/m<sup>2</sup> · h ansteigen kann (INGRAM 1967). Eine Erhöhung des Wasserverlustes kommt auch durch Verdunstung von den Atemwegen zustande (MOUNT 1962, 1968). Die Speichelabgabe in Hyperthermie hat offensichtlich einen

enge Beziehung zur Regulation des pH-Wertes und des Ionenhaushaltes (STUDZINSKI u. STEINHARDT 1967, STUDZINSKI 1968). Der Speichelfluß ist jedoch infolge einer mit der Niere unvergleichlich geringeren Konzentrations- und Selektionsfähigkeit mit einem größeren Wasserungsverlust verbunden. Es wurden Speichelgesamtmengen von 1-2 l von den Schweinen abgegeben. Wie auch aus dem relativen Gesamtwasserungsverlust während der Ausbildung der Hyperthermie hervorgeht, haben die Tiere die beste Anpassungsfähigkeit, die das meiste Wasser zur Verfügung hatten, um die Ausscheidungsvorgänge zu realisieren. In den folgenden Abschnitten wird die Beziehung zwischen Atemfunktion und Exkretionsfunktion hervorgehoben.

Der Harnfluß wird mit dem Anstieg der RT, insbesondere bei höheren RT verringert. Bei Beginn der Wärmebelastung liegt der Harnfluß über dem der Kontrolluntersuchungen. Mit der Verringerung des Harnflusses und bei einer RT von 40,5°C beginnt eine stärkere Speichelabgabe. Der Gesamtwasserungsverlust durch Harn und Speichel beträgt 16, 22, 32 und 8 ml/kg bei 20-25, 40-45, 60-65 und 80-95 kg.

Mit dem Anstieg der RT ist ein Anstieg der Plasmaosmolarität zu verzeichnen. Er beträgt bis zu einer RT von 40,5°C 5,5, 2 und 3 mosmol/l bei 20-25, 40-45, 60-65 und 80-95 kg Schweinen. Der geringe Anstieg der Plasmaosmolarität im Beginn der Hyperthermie kann mit dem Anstieg der Blutglukosekonzentration und mit Konzentrationsänderungen einiger Ionen zusammenhängen. Bis zu einer RT von 42,5°C ist ein Anstieg von 24, 21, 22 und 22 mosmol/l bei den entsprechenden Gruppen festzustellen. Bei allen Gruppen ist bis zu einer RT von 40,5°C ein stärkerer Anstieg der Osmolarität des Harnes nachweisbar. Er beträgt 130, 155, 238 und 225 mosmol/l bei 20-25, 40-45, 60-65 und 80-95 kg Schweinen. Bei weiterer Erhöhung der RT wird die Osmolarität des Harnes wieder verringert. Die Verringerung beträgt 63, 103, 76 und 112 mosmol/l bei den entsprechenden Gruppen bis zur RT von 42,5°C (Georgiev u. Steinhardt 1970). Die Osmolarität des Speichels steigt mit dem Speichelfluß an. Der Anstieg beträgt 33, 55, 60 und 72 mosmol/l bei den entsprechenden Gruppen. Mit der Zunahme der KM wird der Anstieg der Osmolarität des Speichels größer.

Die Untersuchungen von DONTAS (1939) und BIANCA (1965a,b) deuten darauf hin, daß die Änderung der Osmolarität des Plasmas bei Dehydratation die Atemfunktion und die Schweißsekretion bei Hunden und Rindern beeinflusst. Bei dehydrierten Menschen in Hyperthermie reduziert die vergrößerte Plasmaosmolarität die Atemreaktion (SENAY 1969). BIANCA u. Mit (1965) fanden auch bei UT von 15°C an dehydrierten Rindern eine Herabsetzung der Atemfrequenz und eine Erhöhung des Atemzugvolumens. Die Schwelle der RT, bei der die Atemfrequenzsteigerung und die Schweißsekretion ausgelöst werden, ist bei Dehydratation erhöht und kehrt bei Rehydratation auf den normalen Wert zurück. Es liegt nahe, die Veränderungen des Wasserhaushaltes und der Osmolarität unter diesen Bedingungen als Faktoren zu betrachten, die die Atemfunktion und die Beziehung zwischen Atemfrequenz und RT beeinflussen. Der verzögerte Anstieg der Atemfrequenz während der Wärmebelastung beginnt bei Schweinen an dem Punkt der RT, an dem die Plasmaosmolarität stärker ansteigt. An diesem Punkt wird auch die Osmolarität des Harnes wieder verringert, und es ist eine stärkere Speichelabgabe festzustellen. Die Fähigkeit der Niere zur Absonderung eines konzentrierten Harnes hat bei einer RT von 40,5°C unter den gegebenen Bedingungen offensichtlich ein Maximum erreicht und wird bei weiterer Steigerung der RT wieder verringert. Die Durchblutung der Niere und die Versorgung mit O<sub>2</sub> scheinen von Bedeutung zu sein.

### 3. Hyperventilation, pH-Wert, Ionenkonzentration.

Wenig oder nicht schwitzende Tierarten realisieren ihre Wärmeabgabe über die intensive Durchblutung der Körperoberfläche und über die Atemwege. Die Atemwege stellen dabei einen Shunt zwischen Körperkern und Umgebung her. Die Umschaltung der Atemfunktion auf ein möglichst kleines Atemzugvolumen bei möglichst hoher Atemfrequenz und einem

nicht sehr hohen Atemminutenvolumen stellt den Grundvorgang des Wärmeechelns dar. Dem Verhältnis von alveolärer Ventilation zur Gesamtventilation kommt eine besondere Bedeutung zu. Der Wirkungsgrad des Wärmeechelns wird durch die mit der verstärkten Tätigkeit der Atemmuskulatur verbundene, erhöhte Wärmebildung eingeschränkt. Weitere den Wirkungsgrad einschränkende Faktoren stehen in einem Zusammenhang mit der pH- und Osmoregulationsfähigkeit. Die Konstanz des inneren Milieus setzt die Kontrolle einer großen Zahl physiologischer und chemischer Faktoren im Blut und damit in der extrazellulären Flüssigkeit voraus, und es stehen für die Kontrollfunktion nur wenige Organe zur Verfügung. Die daraus resultierende periphere und zentrale Vermaschung der Regelkreise für den Gaswechsel und die Wärmeregulation birgt die Gefahr von Funktionsstörungen in sich. Die mit dem Wärmeecheln bei Schweinen verbundene alveoläre Hyperventilation hat eine stärkere Belastung einer Reihe anderer Funktionssysteme zur Folge und beeinflusst dadurch die Widerstandsfähigkeit der Tiere. Die Regulationsfähigkeit der Schweine ist von der jahreszeitlichen Anpassung und vom Trainingszustand abhängig (WUNDERSEE 1964, ADDIS u. Mit. 1967, STEINHARDT u. Mit. 1970). Die Wärmepolyurie führt zu einer Erhöhung des Blut-pH-Wertes um 0,22. Die inadäquate Abatmung von  $\text{CO}_2$  macht die Ausscheidung alkalischer Substanzen im Harn erforderlich. Das zeigt sich an einer Erhöhung des Harn-pH-Wertes von 5,5–6,5 auf 8,5. Es handelt sich u.a. um Na, K,  $\text{PO}_4$  und  $\text{HCO}_3$  (STUDZINSKI u. STEINHARDT 1967). Die Konzentration dieser Substanzen im Harn wird erhöht und trägt offensichtlich in Verbindung mit dem verringerten Harnfluß zu dem starken Anstieg der Osmolarität des Harnes bei. In der Veränderung des Harn-pH-Wertes können größere Unterschiede bei Schweinen mit unterschiedlicher KM festgestellt werden. Bei Schweinen von 20–30 kg KM steigt der pH-Wert von 6,17 mit der Erhöhung der RT auf 8,29 an. Ein Abfall ist in Hyperthermie nicht zu beobachten. Mit der Zunahme der KM wird die Erhöhung des Harn-pH-Wertes in Hyperthermie geringgradiger, und es ist bei höheren Graden der Hyperthermie bereits wieder ein Abfall zu beobachten. An dem Punkt der RT, an dem die Osmolarität des Harnes zu fallen beginnt, beginnt ein Anstieg des pH-Wertes des Blutes. Nun wird die Ausscheidung alkalischer Substanzen durch den Speichel erhöht. Der pH-Wert des Speichels liegt zwischen 8,5 und 9,5. Es handelt sich bei den im Speichel gelösten Substanzen u.a. um Na, dessen Konzentration sich mit dem Speichelfluß ändert, und um K sowie um  $\text{HCO}_3$  (STUDZINSKI u. STEINHARDT 1967, STUDZINSKI 1968). Mit der Speichelabgabe ist jedoch ein größerer Wasserungsverlust verbunden, so daß der Anstieg der Osmolarität des Plasmas zwar geringgradig verzögert, aber nicht verhindert wird. Bei einem weiteren Anstieg der Plasmaosmolarität oberhalb von  $42^\circ\text{C}$  wird die Atemfrequenz bereits verringert und dadurch die Wärmeregulationsfähigkeit noch weiter eingeschränkt.

Im Blutplasma ist insbesondere bei höheren Graden der Hyperthermie eine Erhöhung der Konzentration an anorganischem  $\text{PO}_4$  nachweisbar. Die Konzentration an Na wird verringert und die Konzentration von Kanfänglich erhöht. In den Konzentrationsänderungen können Unterschiede bei Schweinen in verschiedenen Entwicklungsstadien festgestellt werden.

#### 4. Blutglukose.

Viele Faktoren üben einen Einfluß auf die Blutglukosekonzentration aus und können an ihrer Veränderung beteiligt sein. Bei körperlicher und thermaler Belastung müssen die Veränderungen der Blutglukosekonzentration in enger Beziehung mit der Leistungsfähigkeit des Herzkreislaufsystems und speziell mit der  $\text{O}_2$ -Versorgung des Organismus betrachtet werden.

ROWELL u. Mit. (1968) fanden in dem venösen Blut der Leber bei Menschen, die in hohen UT eine erschöpfende Arbeitsleistung zu bewältigen hatten, einen Anstieg der Blutglukosekonzentration bis auf 221 mg/100 ml (131–327 mg/100 ml) und eine fast völlige Extraktion des  $\text{O}_2$  aus dem Blut, das die Leber durchströmte hatte. Der Gehalt des arteriellen Blutes an Laktat stieg stark an.

Bei Schweinen ist mit dem Anstieg der RT eine Erhöhung der Blutglukosekonzentration um 10 mg/100 ml verbunden. In dieser Reaktion lassen sich Unterschiede nachweisen zwischen solchen Schweinen, die nach der Länge der Zeit bis zum Erreichen der festgelegten RT als gut und schlecht regulierende Tiere unterteilt worden sind. Bei gut regulierenden Tieren beginnt ein stärkerer Anstieg der Blutglukosekonzentration erst zwischen der RT von 40,5–41°C. Bei höheren Graden der Hyperthermie liegen die Werte der Blutglukosekonzentration zwischen 110 und 120 mg/100 ml.

Bestimmungen der Blutglukosekonzentration vor, während und nach einer Standardlaufarbeit bei UT von -5, 15 und 35°C an Schweinen mit und ohne Milz führten zu dem Ergebnis, daß während der 40 min vor der Laufarbeit der Blutglukosegehalt bei 15 und 35°C geringgradig und bei -5°C bei Tieren mit und ohne Milz stärker ansteigt. Während der Laufarbeit steigt die Blutglukosekonzentration bei 15 und 35°C auf 175% bzw. 204% und bis 5 min nach Beendigung des Laufes auf 203% bzw. 237% an. Es folgt ein Abfall des Blutglukosegehaltes. 20 min nach Arbeitsende liegen die Werte bei 139 bzw. 161% gegenüber dem Ausgangswert. Bei -5°C sinkt die Blutglukosekonzentration von 117 auf 103% bei Arbeitsbeginn und steigt dann nach 7 min auf 150% an. Nach 10 min Laufarbeit beträgt sie 146% des Ausgangswertes.

5 min nach Arbeitsende ist ein Wert von 158% zu verzeichnen. Danach folgt ein Abfall des Wertes auf 107% 20 min nach Arbeitsende. Schweine ohne Milz zeigen bei Laufarbeit die stärksten Blutzuckeranstiege (STEINHARDT u. GRAUL 1970).

Auffallendste Erscheinung bei den Blutglukoseveränderungen der Schweine in den Versuchen ist der außerordentlich große Blutglukoseanstieg während und noch bis 5 min nach Beendigung der Laufarbeit. Der Anstieg ist am stärksten bei hohen UT. In diesem Zusammenhang muß die bei UT von 35°C festgestellte beachtliche Blutvolumenabnahme und Hämokonzentration bei Schweinen berücksichtigt werden. Es liegt nahe, die Ursachen für die starken Blutglukoseanstiege in einer durch das verringerte Blutvolumen bedingten, mangelhaften Durchblutung und Versorgung mit Nährstoffen, insbesondere  $O_2$ , zu sehen. Die Ansicht wird gestützt durch die Versuche an milzlosen Tieren bei UT von -5°C. Normale Tiere hatten bei Laufarbeit in diesen UT die geringste Plasmavolumenabnahme von 5–6% und dadurch bei Arbeitsbeginn infolge der Entspeicherung der Milz sogar eine Zunahme des Ruheblutvolumens. Erst nach 5 min Laufarbeit trat eine Verringerung des Blutvolumens bis auf das Ruheblutvolumen ein. Diese Tiere hatten gegenüber denen bei UT von 15 und 35°C die geringgradigsten Blutglukoseanstiege, während die milzlosen Tiere bei -5°C die stärksten Blutglukoseanstiege besaßen (PETZOLD u. Mit. 1970 a, b).

#### Diskussion und Schlußfolgerungen.

Die Veränderungen der Reaktionen bei Schweinen nach körperlicher Belastung, Erregung und in Hyperthermie sind sehr ähnlich. Die durch einseitige Stallhaltung wenig anpassungsfähige Herzkreislauf- und Atmungsfunktion der Schweine kann als auslösender Faktor bei Schlachtviehverlusten und Qualitätsminderungen beteiligt sein. Der zentrale Faktor bei dieser Beziehung scheint die  $O_2$ -Versorgung der Gewebe zu sein. Muskelarbeit ist mit einer Verringerung des ATP-Gehaltes verbunden (BENDALL 1960). Der Gehalt an ATP und seine Hydrolyseprodukte während der ersten Stunden nach der Schlachtung bestimmen die Intensität der Glykolyse. Muskelarbeit kann je nach Intensität und Dauer zu einer Verminderung der Glykogenreserven führen. Beachtenswert erscheint die Tatsache, daß die Erhöhung der Blutglukosekonzentration bei einem Standardlauf in hohem Maße von der Umgebungstemperatur abhängig ist. Bei hohen Umgebungstemperaturen erreichen die Blutglukosewerte solche Ausmaße, daß die Transportkapazität der Niere für Glukose überschritten werden kann, womit Glukose durch den Harn verlorengehen kann. Gleichzeitig ist bei körperlicher Arbeit der Schweine eine starke Erhöhung der Milchsäurekonzentration im Blut festzustellen (MUELLE u. Mit. 1968). Diesel-

ben Befunde sind beim Menschen während erschöpfender Arbeit in Hohen Umgebungstemperaturen durch ROWELL u. Mit. (1968) nachgewiesen worden. Die thermoregulatorische Durchblutung der Körperoberfläche und die reduzierte intestinale Durchblutung begrenzen offensichtlich die  $O_2$ -Versorgung der Leber u.a. Organe und führen zur Freigabe solcher Glukosemengen und zur verringerten Aufnahme von Milchsäure. Das relativ kleine Blutvolumen der Schweine (HANSARD u. Mit. 1953, WACHTEL 1967) und während der Laufarbeit noch verkleinerte Blutvolumen (PETZOLD u. Mit. 1970) sind ungünstige Faktoren.

Die Begrenzung der Wirksamkeit der Atemfunktion im Rahmen der körperlichen Belastung und der Wärmeregulation ergibt sich aus der Beziehung zur pH-Wert-Regulation und zum Wasserhaushalt.

Der Einfluß der Erregung der Schweine ist mit der Frage der sympatho-adrenomedullären Aktivität (SAMA) verbunden. Durch subkutane Verabreichung von Adrenalin (CUNNINGHAM u. FRIEND 1965) und durch i.v. Infusion (HORTELENDY u. Mit. 1966) ist eine starke Erhöhung der Blutglukosekonzentration und der Konzentration der freien Fettsäuren zu erreichen. Bei Wärmebelastung scheint es jedoch zu einer Hemmung des SAMA zu kommen.