

(Aus dem Pathologischen Institut der Universität Breslau  
[Direktor: Prof. Dr. Staemmler].)

## Über verschlußfähige Bronchialarterien.

Von

Dr. Horst Merkel.

Mit 3 Abbildungen im Text.

(Eingegangen am 26. August 1941.)

In einer früheren Arbeit über die Histologie der Lungengefäße berichteten wir kurz über modifizierte Bronchialarterien, die sich im wesentlichen durch eine besondere Anordnung der Muscularis auszeichnen, und zwar weist letztere neben einer dünnen zirkulären Schicht, die vereinzelt auch fehlen kann, eine unter der Intima gelegene Längsmuskelschicht auf. Es handelt sich also ohne Zweifel um verschlußfähige Abschnitte des Bronchialkreislaufes.

Sie sind bereits früher von *Kull* beschrieben und von *Watzka* kurz erwähnt worden. Von *Hayek* berichtete in einer vorläufigen Mitteilung über Lungenarterien vom gleichen Bau. Dies ist bisher die einzige Beobachtung über Sperrvorrichtungen im Lungenkreislauf des Menschen, während bei Tieren sphincterartige Muskelringe beschrieben wurden. So fand *Ettinger* eine ausgesprochen ringförmige Anordnung der Muskulatur in den Lungenarterien des Meerschweinchens. Die zwischen den Ringen gelegenen Gefäßstrecken waren muskelfrei. *Dubreuil* er hob dieselben Befunde in der Lunge des Rindes.

Auch in anderen Organen wurden ähnliche Bildungen nachgewiesen, so von *Sato* in der Niere, von *M. B. Schmidt, Kux* in der Schilddrüse, von *Disse* in der Magenwand, von *Kull* außer in den Bronchialarterien in den tiefen Hautschichten, im Verdauungskanal, in der Gallenblase und in den großen Nerven. Ferner sind hier die Arterien der männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane sowie die Nabelarterien zu nennen.

Bezüglich der Sperrvorrichtungen in den Bronchialarterien des Menschen können wir jetzt auf Grund weiterer Untersuchungen die bisher vorliegenden Angaben ergänzen und erweitern.

Von unserer früheren Arbeit über die Histologie der Lungengefäße stand uns ein Material von 32 normalen Lungen von Menschen im Alter von 2 Tagen bis 77 Jahren zur Verfügung. Von jeder Lunge waren aus verschiedenen Teilen im ganzen bis 20 Blöcke herausgeschnitten und von ihnen Schnittserien von durchschnittlich 30 Stück angefertigt worden. Außerdem haben wir noch 3 Kinderlungen mit interstitieller Pneumonie in gleicher Weise verarbeitet und von 4 weiteren normalen Lungen von erwachsenen Menschen besonders die Hilusgegenden untersucht. Jede Arterie mit Ausbildung einer Längsmuskelschicht wurde in Schnittserien bis 500 Stück Länge verfolgt. Die Schnittdicke betrug durchschnittlich 8  $\mu$ . An Färbungen wurden verwendet: Hämatoxylin-Eosin, *r. Gieson*, Elastica-*Weigert* + Kernechtrot, Azan.

Bei der eingehenden Durchmusterung dieses relativ großen Materials fiel zunächst einmal die Seltenheit der genannten Bildungen auf. Wir konnten sie im ganzen nur in 4 Fällen in einem Alter von  $7\frac{1}{2}$  Monaten, 28, 42 und 47 Jahren nachweisen. Bei dem Kind fand sich eine interstitielle Pneumonie. Die übrigen Fälle waren normal. Die verschlußfähigen Bronchialarterien waren besonders in den hilusnahen Lungenabschnitten in der Adventitia der großen Bronchien und Gefäße, besonders der Arterien und in der Submucosa der Bronchien anzutreffen. In den peripheren Lungenteilen konnten wir sie nicht auffinden.

Ehe wir jetzt auf die genauere histologische Beschreibung eingehen, sei zunächst noch einmal kurz der typische Aufbau der Bronchialarterien, wie er sich nach Untersuchungen von *Sato*, *Merkel* darstellt, geschildert. Danach entspricht dieser weitgehend dem Bauplan der Arterien des Körperkreislaufes. Die Muscularis ist kräftig ausgebildet und geht in zusammenhängender einfacher Schicht bis zu einem Gefäßkaliber von  $10 \mu$  herab. Eine Bronchialarterie von  $100 \mu$  Durchmesser z. B. besitzt durchschnittlich etwa 5 konzentrische zirkuläre Muskelschichten und verfügt damit über eine 5mal so mächtige Muskulatur wie die entsprechenden Lungenarterienabschnitte. Die Muskelfasern sind in ein zartes Flechtwerk kollagener Fasern eingebettet. Die Intima besteht nur aus einem einfachen Endothelrohr. Die Adventitia ist meist nicht abzugrenzen, da die Arterien in das derbe kollagene peribronchiale oder Gefäßbindegewebe eingebettet sind.

Das elastische Gewebe ist sehr kräftig entwickelt. Die Elastica interna zeigt nach *Sato* eine stärkere Ausbildung als in gleichgroßen Arterien des Körperkreislaufes und ist noch bei einem Gefäßkaliber von  $10 \mu$  deutlich sichtbar. Nach *Benninghoff* findet sich sonst in so kleinen Arterien nur noch eine Gitterfasermembran an Stelle der Elastica. Auch in der Media konnten wir im Gegensatz zu *Sato* regelmäßig dünne konzentrische, zirkuläre, elastische Fasern nachweisen. Eine ausgesprochene Elastica externa findet sich nicht. In den größeren Arterien verdichtet sich das elastische Gewebe an der Grenze von Adventitia und Media zwar etwas; es kommt aber nicht zur Ausbildung einer elastischen Membran.

Wenn wir jetzt auf den histologischen Aufbau der „Sperrarterien“ (*Watzka*) zurückkommen, so besteht die Intima hier ebenfalls nur aus einem Endothelrohr. Die Media setzt sich aus einer dünnen äußeren zirkulären und einer inneren meist dickeren Längsmuskelschicht zusammen, und zwar war in unserem Untersuchungsmaterial die Längsmuskelschicht bis 5mal so dick wie die Zirkulärschicht, ja letztere fehlte vereinzelt sogar völlig. Meist sind die Längsmuskelfasern in zusammenhängender und im Bereich eines Gefäßdurchmessers auch gleich dicker Schicht vorhanden. Das Arterienlumen ist also durch eine annähernd kreisförmige Linie begrenzt (Abb. 1). Nirgends konnten wir eine An-

ordnung der Muskelfasern in Form einzelner wulstförmiger vorspringend Bündel beobachten, wie es in der Mehrzahl der oben angeführten Sperrarterien der Fall ist und auch bei den arteriovenösen Anastomosen beobachtet wird, wo sich die Intima zwischen den einzelnen Längsmuskelbündeln bis zur Zirkulärschicht ein senken kann. Zwischen den einzelnen Muskelfasern findet sich ein zartes Geflecht kollagenen Bindegewebes.

Vereinzelt haben wir Arterien beobachtet — meist handelte es sich dabei um solche größeren Kalibers — bei denen sich die Längsmuskelschicht nicht auf den ganzen inneren Gefäßumfang erstreckte, sondern nur einen Teil, etwa die Hälfte oder  $\frac{2}{3}$ , einnahm. Meist war sie dünn, etwa halbmondförmig gestaltet. In unseren Serien konnten wir feststellen, daß die Längsmuskelfasern in weiteren Schnitten hier allmählich immer geringer an Zahl wurden und schließlich verschwanden. Dieser Vorgang vollzog sich meist ganz allmählich.

Was das Verhalten der Längsmuskelfasern weiter peripherwärts betrifft, so stößt dessen Erkundung auf erhebliche Schwierigkeiten insofern, da sich die Gefäße vielfach aus der Schnittebene herauskrümmen und der weiteren Verfolgung entziehen. An einem Exemplar konnten wir den Verlauf bis in den Übergang in die Arteriolen verfolgen. Es handelte sich um eine Arterie von  $112\text{ }\mu$  innerem Durchmesser. Die Ringmuskelschicht war  $15\text{ }\mu$ , die Längsmuskelschicht  $22,5\text{ }\mu$  dick. Die genannte Arterie lag im umgebenden Bindegewebe eines Bronchus etwa 4. Ordnung und zweigte sich in einem kleineren Ast mit einem Kaliber von  $37,5\text{ }\mu$  auf. Letztere verlief in der Submucosa desselben Bronchus. Beide Muskelschichten gingen auf die kleine Arterie über, und zwar zeigte diese 1—2 äußere zirkuläre Muskellagen und 3—4 innere Längsmuskellagen (Abb. 2). Es ergibt sich also, daß die Muskulatur der kleinen Arterie relativ betrachtet an Dicke zugenommen hat. Diese kleine Arterie nahm weiterhin wenig an Kaliber ab und zweigte schließlich eine Arteriole ab. Letztere konnten wir nicht weiter verfolgen, da sie sich aus der Schnittebene herausbog. Ihre Muskulatur bestand aus einer Lage Längsmuskelzellen und locker angeordneten zirkulär gestellten Muskelfasern.

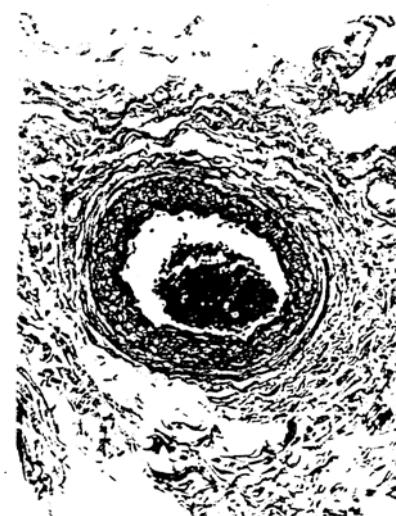


Abb. 1. Bronchialarterie mit Längsmuskelschicht in der Media. Deutliche Elastica interna mit mehreren zirkulären elastischen Lamellen innerhalb der Längsmuskulatur.  
Durchmesser etwa  $120\text{ }\mu$ . Färbung:  
Resorcin-Fuchsin + Kernechtrot.  
Vergrößerung 160mal.

Als weiteres Beispiel sei eine Arterie von  $187,5 \mu$  Durchmesser angeführt. Die äußere Ringmuskelschicht bestand aus etwa 2—3, die Längsmuskelschicht aus etwa 3—4 Lagen. Die Arterie gab einen Seitenast von  $48,75 \mu$  inneren Durchmesser ab, dessen Muskulatur aus 1—2 longitudinalen und einer lockeren zirkulären Lage bestand. Die Muscularis des Hauptstammes nahm am Übergang in den Seitenast unvermittelt ab,

so daß die Muskulatur des ersteren in Form zweier Wülste in das Lumen



Abb. 2. Bronchialarterie mit dicker Längsmuskelschicht. Dicke elastische Lamellen in der Längsmuskelschicht. Durchmesser etwa  $37,5 \mu$ . Vergrößerung 400mal.  
Färbung: Resorcin-Fuchsin + Kern-echtrot.



Abb. 3. Bronchialarterie mit Überwiegen der Längsmuskulatur. Nur spärliche zirkuläre Muskelfasern. Innerer Durchmesser etwa  $32,5 \mu$ . Vergrößerung 400mal. Färbung: Resorcin-Fuchsin + Kernechtrot.

vorsprang. Es müßte bei einer Kontraktion der Muskulatur an dieser Stelle besonders leicht ein Verschluß eintreten.

Wir konnten die Längsmuskelschicht in gleichbleibender Mächtigkeit bis auf eine Strecke von 4 mm verfolgen. Bei den oben angedeuteten Schwierigkeiten war es uns bisher noch nicht möglich, eine „Längsmuskelmanschette“ von einem Ende zum anderen zu verfolgen. Immerhin können wir sagen, daß die Längsmuskulatur zentralwärts nicht plötzlich, sondern ganz allmählich verschwindet, während sie sich beim Abgang von Seitenästen teilweise ziemlich unvermittelt verschmälert. Im Gegensatz zu Kull konnten wir eine Entwicklung von Längsmuskulatur nur in kleinen Arterien feststellen. Der größte von uns gemessene Durchmesser betrug  $375 \mu$ . Die Longitudinalschicht war hier  $7,5 \mu$ , die Zirkulärschicht  $11,25 \mu$  dick. Es ist also festzustellen, daß die Längsmuskulatur ihre mächtigste Entwicklung in den kleinen Abschnitten des Bronchialkreislaufes erreicht (Abb. 3). Kull stellte gerade das umgekehrte Verhalten fest, indem er in den mittleren und größeren Arterien

der von ihm untersuchten Organe die beste Ausbildung der Längsmuskulatur fand.

Das elastische Gewebe ist im Bereich der Längsmuskelschicht sehr kräftig angelegt. Dicht unter dem Endothel verläuft eine dicke gefältelte aus Längs- und schräg gestellten Fasern zusammengesetzte Elastica interna. Nach außen von ihr erkennt man vielfach mehrere weitere konzentrische elastische Lamellen im Bereich der Längsmuskelschicht (Abb. 1, 2, 3). Auch an der Grenze zur Ringmuskelschicht findet sich eine elastische Membran, die jedoch dünner als die unter dem Endothel gelegene ist. Eine ausgesprochene Externa konnten wir nicht abgrenzen, wenn auch hier und da einzelne dünne elastische Fasern erkennbar waren. Außerdem verliefen noch einzelne zarte Fasern unregelmäßig zwischen den Längsmuskelzellen. In der Ringschicht waren nur ganz spärlich elastische Elemente anzutreffen. Da wir dem Vorgange *Bonnets* folgend die Elastica externa und interna zur Media rechnen, müssen wir auch die Längsmuskelschicht zur Media zählen, während die meisten der oben angeführten Autoren die Längsmuskelfasern in die Intima lokalisieren. In unseren Präparaten waren außerdem niemals eine bindegewebige Verdickung oder gar degenerative Veränderungen der Intima nachweisbar.

#### Besprechung.

Wenn wir unsere Ergebnisse ganz kurz zusammenfassen, so fanden wir Bronchialarterien, die sich vom typischen Bauplan durch eine dicke Längsmuskelschicht in der Media auszeichneten. Diese Schicht lag in den inneren Abschnitten der Media und ließ sich auf lange Strecken in gleicher Mächtigkeit verfolgen. Nur gegen ihr Ende zu wurde sie dünner, beschränkte sich schließlich auf einen Teil des Gefäßumfangs, ehe sie ganz verschwand. Nach der Peripherie zu ließ sie sich bis in die Arteriolen verfolgen. Ganz vereinzelt fehlte eine Ringmuskulatur völlig.

Das elastische Gewebe war kräftig in Form einer dicken Membrana elastica interna und einzelner sich von ihr nach der Muscularis zu abspaltender konzentrischer Lamellen entwickelt. Auch an der Grenze zur Ringmuskelschicht war eine zirkuläre elastische Lamelle, allerdings von geringerer Mächtigkeit als die unter dem Endothel gelegene, vorhanden. Wir möchten mit *Bonnet* die Elastica interna und somit auch die Längsmuskelschicht zur Media rechnen. Eine subendotheliale Bindegewebswucherung war niemals nachweisbar. In der Ringmuskelschicht fanden sich nur ganz spärliche dünne, elastische Fasern.

Wir wollen jetzt, ehe wir auf die funktionelle Bedeutung dieser Bildungen eingehen, Vergleiche mit dem Aufbau ähnlicher Einrichtungen im Bereich des übrigen Arteriensystems ziehen. Auf die Unterschiede gegenüber den Befunden *Kulls* haben wir bereits hingewiesen. Während er mit steigendem Gefäßkaliber eine Zunahme der Längsmuskulatur

fand, machten wir die Feststellung, daß in den Bronchialarterien die Muskulatur sogar relativ mit abnehmendem Durchmesser zunehmen kann (Abb. 2/3).

*Watzka* weicht in seiner kurzen Schilderung über verschlußfähige Bronchialarterien von unserer Auffassung insofern ab, als er die Längsmuskelschicht zur Intima rechnet.

Die größere der von *v. Hayek* abgebildeten Lungenarterien (Abb. 1) zeigt den gleichen Aufbau wie wir ihn in den Bronchialarterien sahen. Da es sich dabei um ein von der Arteria pulmonalis aus injiziertes Gefäß handelt, spricht es *v. Hayek* als einen Pulmonalarterienast an. Dieses Argument ist unseres Erachtens nicht stichhaltig, da bei den reichlich vorhandenen Anastomosen zwischen beiden Arteriensystemen der Lunge (*Konaschko*) eine Identifizierung durch Injektion fraglich erscheint. Wir konnten in unserem Beobachtungsmaterial keine verschlußfähige Lungenarterie auffinden. In Abb. 2 stellt *v. Hayek* eine kleine Arterie dar, welche keine gleichmäßige Längsmuskelschicht besitzt, sondern einzelne fast epitheloid anmutende, unregelmäßig ins Lumen vorspringende Längsmuskelwülste aufweist und eine gewisse Ähnlichkeit mit den von *M. B. Schmidt* und *Kux* in der Schilddrüse aufgefundenen Arterien hat.

Die von *Sato* in den Nierenarterien beschriebenen Längsmuskelwülste finden sich in der Intima besonders an den Teilungsstellen der Arterien. Auch sie enthalten reichlich elastisches Gewebe und nehmen in höherem Alter an Zahl zu. Möglicherweise bestehen hier schon Beziehungen zur Arteriosklerose, worauf auch *Benninghoff* hinweist.

Dieselbe Struktur zeigen die Arterien der männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane (*v. Ebner, Golowinsky, Rothfeld, Zuckerkandl* u. a.). Auch hier fällt, worauf besonders *v. Ebner* aufmerksam macht, die reichliche Entwicklung des elastischen Gewebes im Bereich der Längsmuskelwülste auf. Nach *Golowinsky* gehen die Längsmuskelbündel der Intimaverdickungen ebenfalls aus der Media hervor, indem einige Muskelfasern ihre zirkuläre Verlaufsrichtung verlassen, in die Intima treten, eine Strecke weit längs verlaufen und schließlich wieder in die zirkuläre Muskulatur der Media zurückkehren.

Auch die von *M. B. Schmidt* beschriebenen Zellknospen in den Schilddrüsenarterien, welche von ihm bereits teilweise von der *Muscularis* abgeleitet wurden, konnten durch die Untersuchungen von *Kux* einwandfrei als Längsmuskelwülste verifiziert werden. Letzterer ist geneigt, sie zur Media zu rechnen.

Die kleinen Arterien der Mucosa und Submucosa des Magens weisen nach *Disse* außer einer Längsschicht in der Adventitia auch eine zusammenhängende Längsmuskelschicht in der Intima auf und haben deshalb schon mehr Ähnlichkeit mit den modifizierten Bronchialarterien.

Der Vollständigkeit halber seien auch die Nabelarterien kurz erwähnt. Auch sie besitzen eine longitudinale Muskelschicht, welche bündelförmig

angeordnet ist und sich in den inneren Schichten der Media befindet. Wesentliche elastische Intimaverdickungen sind nicht ausgebildet (*Strawinski, Thoma, Pfeifer, Henneberg, Schallock u. a.*).

Die Frage, ob es sich bei den modifizierten Bronchialarterien vielleicht um arteriovenöse Anastomosen handeln könnte, muß nach unseren bisherigen Untersuchungen verneint werden. Wir konnten niemals einen Übergang in eine Vene feststellen. Nach den zahlreichen Untersuchungen, die über diese Gebilde veröffentlicht wurden (*Grosser, Schumacher, Clara, Tischendorf, Watzka, Spanner u. a.*) ist hier die Längsmuskelschicht bündelförmig angeordnet und vielfach epitheloid umgewandelt. Außerdem ist sie nur auf kurze Strecken entwickelt. Allerdings kann auch die epitheloide Umwandlung der Muskelzellen fehlen, ja vielfach lassen die arteriovenösen Anastomosen eine besondere histologische Struktur vermissen. *Spanner* konnte in Injektionspräparaten die genannten Gebilde in bisher nicht vermuteter Anzahl im Bereich des Darmkanals und der Glandula submaxillaris nachweisen. Der größte Teil von ihnen war jedoch im Schnittpräparat nicht auffindbar.

Was nun die Funktion all der genannten Regulationseinrichtungen des Blutgefäßsystems betrifft, so ist diese noch nicht restlos geklärt. Das gilt besonders für die arteriovenösen Anastomosen. Immerhin kann bis jetzt soviel gesagt werden, daß sie wesentlich mit dazu beitragen, die mit Tätigkeit und Ruhe oft beträchtlich schwankende Durchblutung eines Organs immer optimal zu regulieren.

Bezüglich des speziellen Falles des Bronchialkreislaufes muß zunächst die Spärlichkeit der Sperrvorrichtungen gewisse Bedenken erwecken, ob dadurch wirklich wesentliche hämodynamische Wirkungen hervorgebracht werden können. Andererseits ist es infolge der Größe der Lungen schwierig, eine zutreffende quantitative Übersicht zu gewinnen. Bei Berücksichtigung der relativen Kleinheit des Bronchialkreislaufes möchten wir ihnen druckregulatorische Funktionen nicht absprechen. Vielleicht dienen sie dazu, die infolge der zahlreichen Anastomosen mit den Pulmonalarterien bestehende Kommunikation beider im Bereich der Lungen gelegener Strombahnsysteme zu regulieren, da bei Öffnung aller Verbindungen ein großer Teil des Bronchialarterienblutes entsprechend dem geringeren Widerstand in die Lungenarterien abströmen würde. Daß dadurch eine wesentliche Beschleunigung der Strömung im Lungenkreislauf hervorgerufen werden könnte, wie *Konaschko* annimmt, erscheint uns bei der relativ geringen, im Bronchialkreislauf zirkulierenden Blutmenge allerdings unwahrscheinlich.

#### Zusammenfassung.

1. Es wird auf Grund von ausgedehnten histologischen Untersuchungen an 39 menschlichen Lungen über Verteilung und histologische Struktur verschlußfähiger Bronchialarterien berichtet. Sie sind durch eine in den

inneren Abschnitten der Media gelegene Längsmuskelschicht mit reichlicher Entwicklung von elastischem Gewebe ausgezeichnet. Sie ließ sich auf längere Strecken verfolgen und reichte bis in die Arteriolen.

2. Es werden den beschriebenen Einrichtungen druckregulatorische Funktionen zugesprochen, die möglicherweise eine Bedeutung für die Kommunikation zwischen Bronchial- und Lungenkreislauf haben.

---

### Literatur.

- Benninghoff*: Die Arterien. Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen von *v. Möllendorf*, Bd. VI/1. 1930. — *Bonnet*: Dtsch. med. Wschr. 1896 I, 2. — *Clara*: Dtsch. med. Wschr. 1938 I, 769. — *Erg. Anat.* 27, 246 (1927). — *Verh. dtsch. Ges. Kreislaufforsch.* 1938, 226. — *Disse*: Arch. mikrosk. Anat. 63, 512 (1904). — *Dubreuil*: C. r. soc. Ass. Anat. 21, 193 (1926). — *Ebner, v.*: Anat. Anz., Erg.-H. 18, 79 (1900). — *Ettinger*: Quart. J. exper. Physiol. 21 (1931). — *Golowinsky*: Anat. H. 30, 631 (1905). — *Grosser*: Arch. mikrosk. Anat. 60 (1902). — *Hayek, v.*: Anat. Anz. 89, 216 (1940). — *Henneberg*: Anat. H. 19, 523 (1902). — *Konaschko*: Z. mikrosk. Anat. 78, 136 (1926). — *Kull*: Fol. neuropath. eston. 3/4, 376 (1925). — *Kux*: Virchows Arch. 294, 358 (1935). — *Merkel*: Beitr. path. Anat. 105, 176 (1941). — *Pfeifer*: Virchows Arch. 167, 210 (1902). — *Rothfeld*: Anat. Anz. 1908, 248. — *Suto*: Okayama-Igakkai-Zasshi (jap.) 1926, 832, 1055. — *Schallock*: Virchows Arch. 302, 195 (1938). — *Schmidt, M. B.*: Virchows Arch. 137 (1894). — *Schuhmacher*: Arch. mikrosk. Anat. 87 (1915). — *Brun's Beitr.* 159, 335 (1934). — *Z. mikrosk.-anat. Forsch.* 43, 107. — *Spannaer*: Z. Anat. 107, 124 (1937). — *Morph. Jb.* 69, 394 (1932). — *Strawinski*: Zit. nach *Benninghoff*. — *Thoma*: Virchows Arch. 93, 443 (1883). — *Tischendorf*: Z. mikrosk.-anat. Forsch. 43, 153 (1938). — *Watzka*: Z. mikrosk.-anat. Forsch. 39 (1936). — *Zuckerkanll*: Zit. nach *Grosser*.
-