

Pflanzkohle in der Rinderhaltung

von Achim Gerlach

Zitierweise:

Achim, G

Pflanzkohle in der Rinderhaltung
Ithaka Journal 1|2012: 80–84 (2012)
www.ithaka-journal.net

Herausgeber: Delinat-Institut für Ökologie und
Klimafarming, CH-1974 Arbaz
www.delinat-institut.org, www.ithaka-journal.net.
ISSN 1663-0521

Pflanzkohle in der Rinderhaltung

von Achim Gerlach

In Europa werden 90% der Pflanzkohle zuerst in der Tierhaltung und erst danach als Bodenverbesserungsmittel eingesetzt. Ob in der Fütterung, als Stalleinstreu oder in der Güllebehandlung, die positive Wirkung der Pflanzkohle macht sich im Stall sehr schnell bemerkbar. Die Gesundheit und damit das Wohlbefinden der Tiere verbessern sich in kurzer Zeit; und was die Geruchsbelästigung und die Nährstoffverluste betrifft, so könnte der Einsatz der Pflanzkohle sogar ein neues Zeitalter der Tierhaltung und des Schließens landwirtschaftlicher Stoffkreisläufe bedeuten.

Einleitung

Das Krankheitsbild des Chronischen Botulismus in den Rinderbeständen hat in den letzten Jahren erhebliche Ausmaße angenommen (Krüger et al. 2012, Böhnel u. Gessler 2012). Diese Erkrankung von Rindern, die als Toxikoinfektion durch Clostridium botulinum verursacht wird, führt zu empfindlichen direkten und indirekten Verlusten in der Tierhaltung. Auf der Suche nach einer wesentlichen Komponente im Entstehen dieses neuartigen Krankheitsbildes beleuchtete Krüger (2012) unter anderem die Rolle des Totalherbizids Glyphosat und seines Hauptmetaboliten AMPA. In ihren Untersuchungen konnte die Autorin erhebliche Mengen an Glyphosat insbesondere im Urin von Milchkühen (bis 164 Mikrogramm/l in Deutschland und bis 138 Mikrogramm/l in Dänemark, durch-

schnittlich 20–50 Mikrogramm/l) aber auch im Pansensaft (0,04–122 Mikrogramm/l) feststellen. Im Urin von Menschen (bis zu 2,8 Mikrogramm/l) war Glyphosat ebenfalls, wenn auch in wesentlich geringeren Mengen nachweisbar (Brändli et al 2012). Auch in Gärresten aus Biogasanlagen sowie in verschiedenen Futtermitteln wurde Glyphosat in z.T. bedenklichen Konzentrationen nachgewiesen. Dass Glyphosat antibiotische Wirkungen aufweist, ist übrigens den Produzenten des Herbizides wohlbekannt, denn es wurde von Monsanto als ein solches zum Patent angemeldet (US-Patent 7,771,736, EP0001017636). Gelangt Glyphosat in den Verdauungstrakt von Tieren und Menschen, kommt es zu nachweisbaren Veränderungen der Magen-Darm-Mikrobiota.

Vor allem hormonelle, chelatierende, antibiotische, teratogene, kanzerogene und neuronale Wirkungen stehen im Vordergrund von Erkrankungen der Rinder, mit denen ich als Tierarzt in der täglichen Praxis konfrontiert bin. Die Leistungsfähigkeit des Wiederkäuers und somit der Produktionsbetriebe hängen im Wesentlichen von der Funktionsfähigkeit des Magen-Darm-Traktes ab. Deshalb sind Erkrankungen des Verdauungstraktes und dem entsprechend effiziente Therapiestrategien ein zentrales Thema betriebswirtschaftlich orientierter Tierhaltungen. Die Aufrechterhaltung einer Eubiose (physiologische Darmflora) im Magen-Darm-Trakt der Tiere, wird jedoch zunehmend schwieriger, da durch die Spezialisie-

zung auf Pflanzenproduktion einerseits und auf Tierproduktion andererseits Betriebskonzentrationen stattfinden und die spezialisierten Betriebe immer größer werden. Im Ergebnis können Futtermittel nicht mehr in ausreichender Menge und Qualität selbst produziert werden, so dass diese in großem Maße zugekauft werden müssen. Zugekaufte Futtermittel entziehen sich jedoch häufig genug einer qualifizierten Beurteilung durch den Käufer (Futterkauf ist Vertrauenssache). Eine gute prophylaktische, metaphylaktische und therapeutische Möglichkeit zur Bindung von Botulinumtoxin und anderen von Clostridien gebildeten Toxinen sowie des immer häufiger im Futter nachweisbaren Herbizids Glyphosat im Magen-Darm-Trakt von Rindern scheint die Verabreichung von Pflanzenkohle zu sein.

Wirkung von Aktivkohle und Pflanzenkohle in der Fütterung Bereits seit etwa 100 Jahren stellt die Aktivkohleforschung effektive Möglichkeiten der Adsorption von Toxinen pathogener Clostridienarten wie *C. tetani* und *C. botulinum* dar. (Kranich 1920, Luder 1947, Starkenstein 1915). Wang et al (2010) zeigen eine gute Sorption des hydrophoben Herbizids Terbutylazin durch Pflanzenkohle und stellen die Bedeutung für den Grundwasserschutz dar. Graber et al. (2012) untersuchten die Bindungsfähigkeit der Modellherbizide S-metolachlor und Sulfentraton an Pflanzenkohle mit unterschiedlicher Oberflächengröße. Graber (2012) bestätigt die Adsorption von Glyphosat an Pflanzenkohle. Der Einsatz von pyrolytischen Kohlen zu Fütterungszwecken ist in Deutschland seit langem bekannt und wird empfohlen. Mangold (1936) stellte die Wirkung der Holzkohle in der Tierfütterung umfassend dar und schlussfolgerte: «Die prophylaktische und therapeutische Wirkung der Holzkohle gegen infektiöse oder durch die Art der Fütterung bedingte Durchfallerscheinungen steht fest

und in diesem Sinne erscheint auch die Holzkohlebeigabe an Jungtiere als Vorbeugungsmittel zweckmäßig.»

Aktivkohle = Pflanzenkohle ?

Grundsätzlich sind alle Aktivkohlen ursprünglich Pflanzenkohlen. Aktivkohlen wurden jedoch mithilfe von 1200 °C heißem Wasserdampf oder durch Säure «aktiviert», wobei ihre spezifische Oberfläche von ca. 300 m²/g auf über 1000 m²/g anwächst. Da Aktivkohle 5 bis 10mal teurer als einfache Pflanzenkohle ist, kann von der Pflanzenkohle häufig die zwei bis dreifache Menge eingesetzt werden, um das gleiche Ziel sei es bei der Verdauung der Rinder oder im Klärwerk zu erreichen. Da Aktivkohle meist unüberwacht in Südostasien oder in Südamerika hergestellt wird, ist die ökologische Bilanz meisten sehr bedenklich. Pflanzenkohle hingegen wird aus überwachten, lokalen Rohstoffen unter überwachten Prozessbedingungen hergestellt. Man kann ohne Weiteres aus jeder Pflanzenkohle eine Aktivkohle herstellen.

Volkman (1935) beschreibt eine effiziente Reduktion der Oozystenausscheidung durch Holzkohlezufütterung bei Kokzidiose und Kokzidieninfektionen von Haustieren.

Haring (1937) empfiehlt den Holzkohleeinsatz in der Rinderfütterung und Barth und Zucker (1955) stellten keine wachstumsdepressiven Effekte in der Geflügelfütterung fest, wenn der Anteil von Holzkohle etwa 1% in der Ration betrug.

Auch international wird aktuell immer wieder die Pflanzenkohle (Biochar) in der Fütterung berücksichtigt und für wertvoll befunden:

> Einsatz bei Ziegen in Nordvietnam, die eine bessere

Wachstumsrate aufzeigten, wenn in der Ration 0,5–1g Bambuskohle/kg KM und Tag enthalten waren (Do Thi Than Van, 2006).

- > Kana et al. (2011) zeigten, dass 0,2–0,6% Maiskolbenkohle in der Ration von Broilern zu signifikanten Gewichtszunahmen führen.
- > Iwase et al. (1990) zeigten die Pufferwirkung von Aktivkohle bei experimentell erzeugter Pansenazidose an Holsteiner Stieren.
- > Leng et al. (2012) führten den Nachweis einer Methanbildungsreduktion von 12,7%, wenn einem künstlichen Pansensystem 1% Kohle zugeführt wird und 10% bei Zugabe von 0,5%.

Die Wirkung der Pflanzenkohle basiert auf den folgenden Mechanismen: Adsorption, Koadsorption, Konkurrenz, Chemosorption, Adsorption mit nachfolgender chemischer Reaktion, Desorption. Aus Sicht der Toxikologie sind die zeitabhängigen Vorgänge der Adsorption, Verteilung, Biotransformation und der Ausscheidung der zu betrachtenden toxischen Substanzen im Verdauungstrakt der Tiere zu unterscheiden und einzuordnen.

Zu den im Einzelnen wirksamen Mechanismen sind allerdings noch detailliertere Untersuchungen dringend erforderlich.

Schirrmann (1984) beschreibt die Aktivkohle in Ihrer Wirkung auf Bakterien und deren Toxine im Gastrointestinaltrakt:

1. Adsorption von Proteinen, Aminen, Aminosäuren
2. Adsorption von Enzymen des Verdauungstraktes, sowie Konzentrierung bakterieller Exoenzyme an der Aktivkohle
3. Adsorption der mobilen Keime, die über spezielle Anheftungsmechanismen verfügen, durch Chemotaxis.

Besondere Bedeutung kommt der spezifischen Besiedlung der

Kohle mit gram-negativen Keimen mit erhöhter Stoffwechselleistung zu. Daraus resultieren einerseits ein Abfall der zu resorbierenden Endotoxine und andererseits eine Adsorption der Toxine an die Kohle.

Ariens und Lambrecht (1985) beschreiben die Vorteile der Aktivkohle: nicht toxisch, schnell verfügbar, unbeschränkt haltbar, wirksam im Magen-Darm-Trakt, wirksam gegen bereits absorbiertes Gift, wirksam gegen Erdölprodukte (Substanzübersicht hier).

Ein großer Vorteil in der Anwendung von Pflanzenkohle liegt in der Fähigkeit zur «Enterale Dialyse». Dies heißt, bereits absorbierte lipophile Toxine können durch die Kohle aus dem Blutplasma entfernt werden, wobei die Adsorptionskraft der riesigen Oberfläche der Kohle (bis zu 1000 m²/g) mit den günstigen Permeabilitätseigenschaften des Darmes interagieren. Die Adsorption betrifft sowohl lipophile als auch hydrophile Substanzen. Die Geschwindigkeit der Adsorption hängt von der Porengröße der Aktivkohle ab. Hier entstehen echte Alternativen zu den medizinisch bekannten Therapien der Peritonealdialyse, Hämodialyse oder Hämoerfusion.

Über Mist und Gülle gelangt die in der Fütterung verabreichte Pflanzenkohle schließlich in den Boden. Dass die so in den Boden eingetragene Pflanzenkohle für die Landwirtschaft interessant sein kann, beschreibt Perotti bereits 1935. Er sieht in der Anwesenheit von Pflanzenkohle im Boden den Grund für eine Verbesserung der mikrobiologischen Eigenschaften und eine verbesserte Ausstattung der Pflanzen mit Chlorophyll. Ursachen für die positive Bodenwirkung der Pflanzenkohle nach Perotti:

1. Retention der Bodenfeuchtigkeit
2. Erhöhte Adsorption von Ammoniumsalzen
3. Verminderte Dispersion von Nitraten
4. Adsorption von mikrobiellen Stoffwechselprodukten

Söhngen (1913) sieht in der Bildung von Ammoniumkarbonat kombiniert mit der Adsorption an Kohle eine Schlüsselfunktion zur längeren Entwicklung reichhaltiger Bakterienkulturen, die durch Desorption in das umgebende Milieu gelangen. Vor allem in leicht saurem Milieu wird dieses nur langsam durch die Adsorptionsleistung der Kohle alkalisiert. Schirrmann (1984) berichtet, dass die Oxidationsreaktionen an der Aktivkohle durch einen erhöhten Stickstoffgehalt verbessert werden. Nagel (1990) untersuchte bakteriell besiedelte Aktivkohle. Es konnte keine effiziente Methode zur Desorption von adhären Bakterien gefunden werden. Der Bakteriennachweis über ausgeschiedene Metaboliten gelang nicht, lediglich mit einer Gammastrahlenmarkierung (Fe-59) gelang die Bestimmung adhären Zellen.

Einsatz von Pflanzenkohle beim Rind

Der Einsatz von Pflanzenkohle in einer Dosierung von 200-400g/Kuh und Tag erfolgte in dem von mir betreuten Betrieben auf Grundlage der Untersuchungen von Feldmann (1992), der *in-vitro*-Versuche mit Aktivkohle durchführte. Die Adsorptionskapazitäten pyrolytischer Kohlen unterscheiden sich jedoch wesentlich. Holz- und Pflanzenkohlen können dabei nicht das Niveau von sogenannter Blutkohle überschreiten, die ein weiteres Adsorbens, Bentonit, enthält und bei höheren Temperaturen aktiviert wird. Feldmann (1992) untersuchte die Auswirkungen der Aktivkohle auf Fermentationsvorgänge im Pansen (in vitro). Er konnte eine Erhöhung des pH-

Niveaus von bis zu 25%, einen Rückgang des Redoxpotenzials von bis 32%, einen Konzentrationsrückgang der flüchtigen Fettsäuren bei gleichbleibender Produktion sowie einen steigenden Adsorptionsgrad mit zunehmender Kettenlänge der flüchtigen Fettsäuren feststellen. Diese Effekte sah er in Abhängigkeit von der Dosierung der Kohle.

Der Einsatz von Pflanzenkohle als Fütterungskomponente setzt strenge Qualitätsparameter entsprechend des Lebensmittelrechts nach Verordnung (EG) Nr. 178/2002 und den Vorschriften der Futtermittelhygiene gemäß Verordnung (EG) Nr. 834/2007 voraus. Insbesondere die Gehalte an Schwermetallen, Dibenzodioxinen und Dibenzofuranen spielen als limitierende Faktoren eine besondere Rolle, wobei die nach dem European Biochar Certificate hergestellten Pflanzenkohlen sämtliche Grenzwerte für die Fütterung erfüllen. In eigenen Untersuchungen kam ausschließlich inerte Pflanzenkohle (*Carbo ligni*) aus einer technischen Pyrolyse, dem sogenannten «Schottdorf-Meiler» zum Einsatz. Die Unbedenklichkeit der Pflanzenkohle als Futterzusatz wurde durch das zertifizierte Labor Biocheck (Labor für Veterinärmedizinik und Umwelthygiene GmbH) festgestellt. Orientierende Untersuchungen zur Adsorptionskapazität der genutzten Pflanzenkohle wurde im Vergleich zu handelsüblicher medizinischer Aktivkohle mittels des Phenazon-Adsorptions-Testes (Zentrallaboratorium Deutscher Apotheker GmbH) durchgeführt. Die Adsorptionsleistung von 16,7g Phenazon/100g getrockneter Pflanzenkohle liegen bei etwa einem Drittel der von Medizinalkohlen erreichten Anforderungen von 40g Phenazon/100g Kohle. Diese Ergebnisse bestätigen Luder, W. (1947), der die Adsorptionskapazitäten von *Carbo ligni* und *Carbo adsorbens* untersuchte und ein Verhältnis von 1:3-4 beschrieb.

Die seit langem bekannten Vorteile einer Verfütterung von

Pflanzenkohle sind nun praxisnah umsetzbar, da die Pflanzenkohle ökonomisch produziert werden kann, d.h. preiswert und bei hoher Qualität verfügbar ist.

Praxiseinsatz von Pflanzenkohle in der Fütterung von Rindern

21 Betriebsleiter, die in ihren Betrieben durchschnittlich etwa 150 Kühe betreuen, äußerten sich über die beobachteten Effekte während und nach dem Einsatz von Pflanzenkohle in folgender Weise, wobei die Pflanzenkohleapplikation zur Therapie von Dysbiosen in etwa 1/3 der Betriebe zeitgleich durch Sauerkrautlake (Acetylcholin, Laktobazillen, Enterokokken, B-Vitamine, Vitamin C) unterstützt wurde:

Beobachtungen von Ersteffekten schon nach 1 bis 4 Wochen des Pflanzenkohleinsatzes:

- > Allgemein verbesserter Gesundheits- und Pflegezustand
- > Vitalität der Tiere steigt
- > Verbesserte Eutergesundheit
- > Rückläufige Zellzahlen der Milch (Unterbrechung des Pflanzenkohleinsatzes führt zu Zellzahlanstieg und Leistungsabfall)
- > Minimierung der Klauenprobleme
- > Stabilisierung der postpartalen Gesundheit
- > Reduktion des Durchfallgeschehens innerhalb von 1 bis 2 Tagen, Kot dann allg. fester
- > Rückgang der Mortalitätsrate
- > Zunahme der Milchhaltsstoffe (Eiweiß und/oder Fett)
- > Kombination aus Pflanzenkohle und Sauerkrautlake hat sich bewährt
- > Deutliche Verbesserung der Fließfähigkeit der Gülle bei Verringerung des Rühraufwandes und der Schaumbildung auf der Gülleoberfläche

- > Geruchsreduktion der Gülle
- Vorläufige sondierende Untersuchungen der Gülle zeigen bei Zusatz von Pflanzenkohle über den Magen-Darm-Trakt oder bei direktem Einbringen:
- > Anstieg des Ammonium-Stickstoffs
 - > Nitrat- und Nitritreduktion

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Der Einsatz von Pflanzenkohle in der Tierproduktion bietet Lösungsmöglichkeiten für die immer komplexer werdenden Probleme in der modernen Landwirtschaft, welche insbesondere dem maximalen Gewinnstreben unter Missachtung der physiologischen Ansprüche der Tiere geschuldet sind. Die Adsorptionseigenschaften der Pflanzenkohle gestatten das Binden verschiedenster toxischer Substanzen im Magen-Darm-Trakt einschließlich der Entgiftung bereits resorbierter, insbesondere lipophiler Toxine aus dem Plasma über eine «Enterale Dialyse». Der Oxydation und Desaminierung biogener Amine kommt zudem eine besonders stabilisierende Funktion im Darm zu. Dysbiosen können durch die Pflanzenkohle sehr effizient beeinflusst, bzw. können Eubiosen trotz Milieuschwankungen im Verdauungstrakt deutlich länger aufrechterhalten werden.

Eine klare Trennung der Wirkung im pro- oder metaphylaktischen Bereich sowie des therapeutischen Ansatzes ist theoretisch wünschenswert. In der Praxis überlagern sich diese Effekte. Bei akuten Intoxikationen sind im therapeutischen Ansatz parallel salinische Abführmittel einzusetzen (Wiechowski 1914).

Ein aktuelles Problem besonders in Schleswig-Holstein und Niedersachsen ist die hohe Nitratbelastung des Trinkwassers, das durch die intensive Landwirtschaft verursacht wird. Die

wissenschaftlichen Ansätze zur Nitratreduktion im Boden sind seit 100 Jahren bekannt und können nun über intelligent beeinflusste Wirtschaftsdünger auf Basis von Pflanzenkohle umgesetzt werden. Erfahrungen hierzu bieten u.a. die Veröffentlichungen von Sommer, 2005. Auch die o.g. veränderten Wirtschaftsbedingungen in den Betrieben zwingen aus epidemiologischen Erwägungen eine Neubewertung z.B. der Entsorgung von Nachgeburten über das Güllesystem wie auch die verbreitete Nutzung von Fleischknochenmehl als Wirtschaftsdünger vor allem auch unter den Bedingungen einer verstärkten Maiskultivierung. Als Möglichkeit zur Minimierung von zu erwartenden epidemiologischen und trinkwasserhygienischen Problemen bietet sich so das Einbringen von inerte Pflanzenkohle in die landwirtschaftlichen Stoffkreisläufe an.

Die Stabilisierung der aufeinander abgestimmten Mikrobiota in und außerhalb des Darmes von Wiederkäuern unter Beachtung der regionalen Biotope muss im Vordergrund der Überlegungen stehen. Insbesondere eine gesunde Mikrobiota des Bodens sollte Schwerpunkt aller Überlegungen sein, da sie die Grundlage des Lebens ist.

Es ist erforderlich, die eingesetzten Pflanzenkohlen wie durch das Europäische Pflanzenkohle Zertifikat (EBC-Certificate) vorgegeben, strukturell, chemisch, physikalisch und biologisch zu untersuchen. Nur so ist eine Übertragbarkeit von Ergebnissen, die durch den Einsatz von unterschiedlichen Kohlen erhalten wurden, auf andere Versuche möglich.

Dr. Achim Gerlach ist Tierarzt im Schleswig-Holsteinischen Landkreis Dithmarschen und hat vermutlich europaweit die meisten Erfahrungen mit dem Einsatz von Pflanzenkohle in der Tierfütterung.

Literatur

- Ariens u. Lambrecht: Schriftenreihe d. Bundesapothekenkammer zur Wiss Fortbildung, Meran 1985, 20. Intern Fortbildungskurs f prakt u wiss Pharmazie
- Barth K und H Zucker 1955. *Zur Verwendung von Holzkohle in der Geflügelfütterung unter besonderer Berücksichtigung einer möglichen Vitamin-Adsorption*. Zeitschrift für Tierernährung und Futtermittelkunde 10 (1–3): 300–307
- Böhnel u. Gessler: Tierärztliche Umschau, 67, 7 (2012)
- Brändli D, Reinacher S 2012. *Herbizide im Urin*, Ithaka Journal 1/2012: 9–12
- Dechow CD; Smith, EA; Goodling, RC: *The effect of management systems on mortality and other welfare indicators in Pennsylvania dairy herds*. In: Animal Welfare 2011; 20:145–158
- Eisenberg Ph: *Z bl f Bakt, Parasit kde u Inf krankh (1914)*, 1.Abt. Bd. 81: 72–104
- Feldmann M: *Auswirkungen von Aktivkohle auf Fermentationvorgänge im Pansensaft des Rindes (in vitro)*, Diss. 1992, Tierärztliche Hochschule Hannover
- Graber (2012): pers. Mitteilung
- Graber ER, L Tschachsky, Z Gerstl und B Lew 2012. *High surface area biochar negatively impacts herbicide efficacy*. Plant and soil: 1–12
- Haring F: *Mitt f d Landwirtschaft 52 (1937) 308–309* Hrsg: Reichsnährstand
- Hellerich B: *Zusammenhänge zwischen Fütterung, Haltung sowie Managementaspekten und der Tiergesundheit in Milchviehbetrieben*. Hannover, Tierärztliche Hochschule, Dissertation, 2008
<http://lrrd.cipav.org/lrrd24/6/sang24103.htm> (26.6.12–22.06)
- Iwase, Matui, Hoshi, Motoyoshi: XVI Congresso Mundial DE BUATRIA, Salvador –Brasil, (1990) 436–440
- Kana JR, A Tegui, BM Mungfu und J Tchoumboue 2011. *Growth performance and carcass characteristics of broiler chickens fed diets supplemented with graded levels of charcoal from maize cob or seed of *Canarium schweinfurthii** Engl. Tropical animal health and production 43 (1): 51–56
- Kranich, J: Tierärztliche Rundschau (1920) 610–612
- Krüger, Große-Herrentey, Schrödel, Gerlach Rodloff: Anaerobe, 18 (2012) 221–223
- Krüger, M: Vortrag Bad Fallingbostal 2012
- Leng RA, S Inthapanya und TR Preston 2012. *Biochar lowers net methane production from rumen fluid in vitro*. Zugegriffen Dezember 28. <http://www.lrrd.org/lrrd24/6/sang24103.htm>
- Luder, W: *Unters ü d Bakt Adsorption durch Holzkohle*. Diss. 1947 Univ. Bern
- Mangold E: Der Forschungsdienst (1936) Bd.1 862–867 Hrsg: Reichsarbeitsgemeinschaften d. Landwirtschaftswissenschaft
- Nagel S: *Unters z bakt besiedelter Aktivkohle*, Diss. 1990 Univ. Stuttgart
- Perotti R: *Bolletino delle Sezioni Italiane di Microbiologia* 7 (1935) 449–452
- Schirrmann U: *Aktivkohle u ihre Wirkung auf Bakterien*. Diss. 1984 TU München
- Söhngen NL: *Centralblatt f Bakt, Parasitenkunde u Inf Krankheiten* 38 (1913) 621–646
- Starkenstein, E: *Feldärztliche Beilage zur Münch med Wochenschr (1915) 27–29*
- Van Do Thi Than 2006. *Some animal and feed factors affecting feed intake, behaviour and performance of small ruminants*. Bd 2006 32. <http://pub.epsilon.slu.se/id/eprint/1108>
- Volkman A: *Beh vers der Kaninchen- bzw. Katzenoccidiose...* . Diss. Univ Leipzig 1935
- Wang H, K Lin, Z Hou, B Richardson und J Gan 2010. *Sorption of the herbicide terbuthylazine in two New Zealand forest soils amended with biosolids and biochars*. J of Soils and Sediments 10 (2): 283–289
- Wiechowski W: *Pharmakologische Grundlagen einer therapeutischen Verwendung von Kohle*. Dt Kongreß f Innere Medizin, Wiesbaden (1914)