

Bambuskohle – Eigenschaften und Verwendung

Fertigung, Eigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten der Bambuskohle werden in China seit langem intensiv thematisiert

Von Prof. Dr. Walter Liese* und Stephan Silbermann**, Hamburg

In vielen tropischen und subtropischen Gebieten ist Bambus eine der wichtigsten Energiequellen zum Kochen und Heizen. Die Halme selber sind aber kein gutes Brennmaterial: Sie lassen sich nicht gut lagern, verbrennen schnell und neigen beim Verbrennen zum Qualmen. Eine Alternative zum Bambushalm als Energieträger bietet die Bambuskohle. Sie wird seit über 1000 Jahren vor allem in China hergestellt, verwendet und im Rohzustand oder als vielfältig verarbeitetes Produkt exportiert. Internationale Programme sollen die Produktion und Nutzung von Bambuskohle und ihrer Kuppelprodukten fördern. In diesem Beitrag werden Fertigungsverfahren sowie auch Eigenschaften und Verwendung von Bambuskohle und ihrer Kuppelprodukten vorgestellt. Wichtige Kuppelprodukte sind Bambusessig, Bambugas und Bambusasche.

sie wegen der Stärkeeinlagerung und mangels toxischer Inhaltsstoffe schnell durch Insekten und Pilze geschädigt werden. Bambushalme sind im direkten Vergleich zum Massivholz ein kurzlebiges Brennmaterial, die Stücke verbrennen schnell, halten keine Glut, müssen nachgeschoben werden und neigen stark zum Qualmen.

Eine Alternative zum Bambushalm als Energieträger bietet die Bambuskohle. Seit über 1000 Jahren wird sie vor allem in China hergestellt, verwendet und im Rohzustand oder als vielfältig verarbeitetes Produkt exportiert. In Asien wird sie „schwarzes Gold“ genannt. Etwa 90 % der Kohleproduktion erfolgt in ländlichen Bereichen im Süden Chinas, besonders in der Provinz Zhejiang. Die Gesamtproduktion in China wird auf jährlich etwa 800 000 t geschätzt.

Bambus bedeckt weltweit eine Fläche von etwa 37 Mio. ha, zumeist in China, Indien, Südost-Asien, Afrika und Lateinamerika und wird täglich von etwa 1 Mrd. Menschen genutzt, überwiegend im ländlichen Bereich. Unentbehrlich ist Bambus für vielfältige Produkte, besonders Häuser, Konstruktionen, Möbel, plattenförmige Werkstoffe, Zellstoff und Papier, Gemüse sowie als Blattextrakt in Medizin und Kosmetik. Wegen des schnellen Wachstums der jungen Halme wird Bambus auch als CO₂-Speicher diskutiert. Der beeindruckende Biomassezuwachs und die damit verbundene Speicherung von CO₂ beruht jedoch nicht auf einer aktuellen CO₂-Aufnahme, sondern auf den im Vorjahr gebildeten und gespeicherten Kohlenhydraten.

In vielen tropischen und subtropischen Gebieten ist Bambus eine der wichtigsten Energiequellen zum Kochen und Heizen. So ist in Äthiopien auf etwa 800 000 ha der weitgehend baumlose Steppe der Tieflandbambus *Oxytenanthera abyssinica* meist das einzig verfügbare Brennmaterial zum Kochen des Nationalgerichtes Injera. Meist muss der Bambus, auf dem Rücken gebündelt, aus seinem Wuchsgebiet über viele Kilometer zu den entfernt liegenden Dörfern getragen werden. Eine etwa 20 kg schwere Ladung reicht einer Familie für zwei Tage (vgl. Abbildungen 1 und 2). Die Halme können nur begrenzt bevorratet werden, da

* Von 1963 bis zu seiner Emeritierung 1991 war Prof. Liese Ordinarius für Holzbiologie an der Universität Hamburg und Leiter des damaligen Instituts für Biologie des Holzes der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft. Seit seiner Emeritierung widmete er sich verstärkt dem Bambus, einem schnell nachwachsenden Rohstoff für vielfältige Produkte.
** Stephan Silbermann ist Student der Holzwirtschaft an der Universität Hamburg.

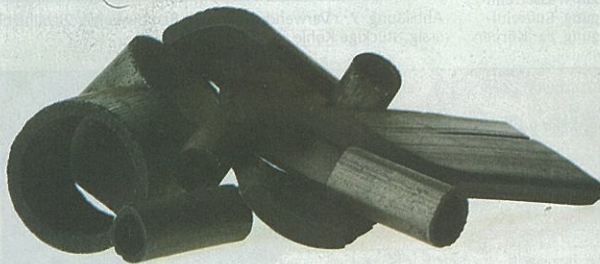


Abbildung 3 Bambuskohle



Abbildung 2 Bambusstücke zum Kochen in Äthiopien

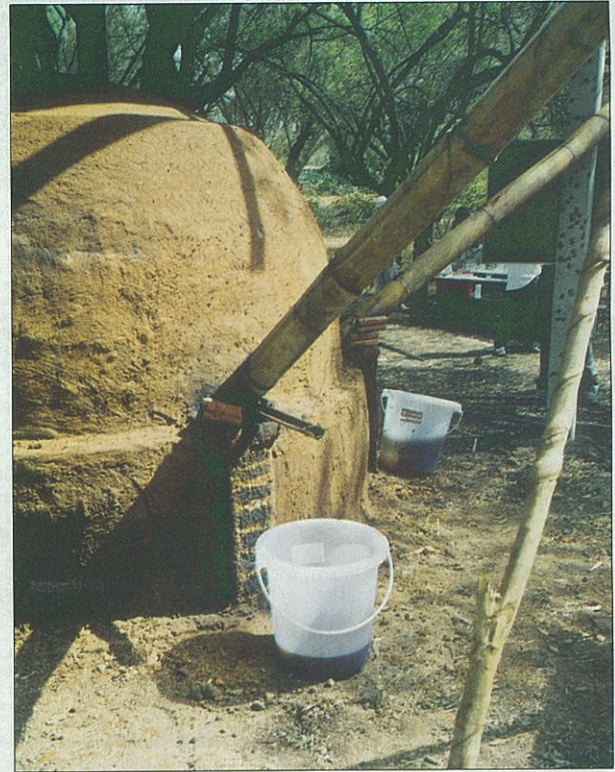


Abbildung 4 Schlammofen zur Pyrolyse von Bambus in Thailand
Fotos: W. Liese (1, 2, 4, 5 und 7) sowie C. Waitkus (3 und 6)

Bambuskohle ist erhältlich in Halmform, gespalten, als gepresstes Brikett, körnig oder als Pulver (Abbildung 3). In der Rohform dient sie zum Kochen, Heizen oder qualmfreien Grillen, zumeist wird sie jedoch zu zahlreichen Produkten weiterverarbeitet. Traditionell wird Bambuskohle vor allem nach Japan, Süd-Korea und Taiwan exportiert. Die Erschließung neuer Handelswege brachte die Bambuskohle auch in die USA und mit steigender Nachfrage nach Europa.

Um die Produktion und Nutzung von Bambuskohle mit ihren Kuppelprodukten nachhaltig zu fördern, erfolgen derzeit internationale Programme, wie z. B. durch Inbar (International Network for Bamboo and Rattan) und Iito (International Tropical Timber Organization). So unterstützen Inbar und die Europäische Union durch ein Vierjahresprogramm (2009 bis 2013) mit 1,3 Mio. Euro die Verwendung von Bambuskohle als Energieträger statt Brennholz in Äthiopien und Ghana mit lokalen Institutionen und der Forstlichen Universität Nanjing, China. Durch die internationalen Programme sollen besonders im ländlichen Raum neue industrielle Kapazitäten mit umweltfreundlichen Produkten entstehen. Zugleich werden die lokalen Holzvorräte entlastet.

Im Folgenden wird über die Fertigungsverfahren, Eigenschaften und

Verwendung von Bambuskohle mit ihren Kuppelprodukten Bambusessig und Bambugas berichtet.

Bambuskohle ist ein schwarzes, leichtes und poröses Material, das durch Pyrolyse von Bambus entsteht. Die Biomasse wird in einem Ofen bei zunächst kontrollierter, dann fehlender Luftzufuhr stark erhitzt. Durch die thermische Behandlung kommt es zur Abgabe von im Halm gebundenem Wasser und flüchtigen Inhaltsstoffen. Insgesamt entstehen etwa 30 % Bambuskohle, 51 % Bambusessig, 18 % Bambugas mit 1 % Verlust.

Fertigungsverfahren

Für eine gleichbleibende Qualität des Endproduktes müssen die Bambushalme vor dem Verkohlungsprozess aufbereitet werden. Geeignet für eine industrielle Produktion sind mindestens vierjährige Bambushalme, die eine weitgehende Verholzung der Fasern aufweisen. Nach dem Einschlag werden die Halme auf eine Länge von meist 80 bis 120 cm gekürzt, geviertelt und Wochen bis Monate zur Verringerung von Trocknungskosten und -zeit an der Luft vorgetrocknet.

Die Scheite kommen dann für 6 bis 10 Stunden bei 180 bis 200 °C in einen

Fortsetzung auf Seite 732



Abbildung 1 Transport von Bambusresten als häusliche Energiequelle (*Oxytenanthera abyssinica*, Äthiopien)



Abbildung 5 Brennofen aus Ziegelsteinen, Thailand

Bambuskohle – Eigenschaften und Verwendung

Fortsetzung von Seite 731

technischen Trockner. Die Feuchte des Materials sollte zum Ende der Trocknung 15 bis 20 % betragen. Statt eines speziellen Trockners wird in kleinen, meist ländlichen Betrieben der Brennofen verwendet, in dem der Bambus nach der Trocknung direkt zu Kohle verarbeitet wird.

Verfahren der Verkohlung

Entsprechend der Verfügbarkeit von Bambushalmen, den örtlichen Bedingungen und finanziellen Möglichkeiten werden unterschiedliche Ofentypen eingesetzt. Traditionell wird besonders bei der ländlichen Bevölkerung der Schlammoften verwendet. Sind finanzielle Mittel verfügbar und übersteigt die Produktion den lokalen Eigenbedarf, erfolgt die Kohlegewinnung meist in Eisenöfen, deren Konstruktion auch für eine kleinere industrielle Produktion ausreicht. Bei der großindustriellen Kohleproduktion werden kontinuierlich zu beschickende Öfen benutzt mit Rohmaterial aus einem größeren Einzugsgebiet.

Ablauf der Verkohlung in einem Schlammoften

Für den Verkohlungsprozess (Pyrolyse) wird beispielhaft der Ablauf in einem Schlammoften dargestellt. Der Ofen besteht aus einer hitzebeständigen Hülle mit schräg abzwiegender Rohren, in denen aus der Abluft Bambusessig kondensiert und in einem Behälter gesammelt wird (Abbildung 4).

Zu Beginn werden die Bambusstücke zur guten Luftzirkulation rechtwinklig im Ofen gestapelt. Nach dem Verschließen des Eingangs mit Steinen und Schlamm wird von oben durch die Abluftöffnung mit Holz oder Bambus angeheizt. Dann wird dieses Loch verschlossen und es verbleiben kleine seitliche Öffnungen zum Regulieren der Luftzirkulation. Im weiteren Verlauf werden diese Öffnungen von oben nach unten abgedichtet. Mit beginnender Verkohlung werden zur Steuerung des Prozesses einzelne Löcher wieder aufgedreht für einen zur gleichmäßigen Verkohlung wichtigen horizontalen und vertikalen Luftstrom.

Die Temperatur in der Brennkammer sollte zwischen 500 und 600 °C betragen, da bei geringerer Temperatur eine unvollständige Karbonisierung stattfindet oder die Biomasse zu brennen beginnt, mit Asche als Endprodukt statt Kohle. Nach zwei Tagen werden alle Öffnungen geschlossen, sodass keine Frischluft mehr in die Brennkammer kommt.

Das folgende Abkühlen des Ofens erfordert einen weiteren Tag, wonach die Kohle entnommen wird. Der Ofen ist nach dem Entfernen der Kohle und Asche sowie einer Reinigung wieder einsatzbereit. Der ganze Prozess dauert durchschnittlich fünf Tage, wobei eine Verkürzung einen Härteverlust der Kohle bedingt. Die Ausbeute an Bambuskohle beträgt bei dieser Methode rund 30 % des Ausgangsgewichts der eingesetzten Halme.

Der Schlammoften ist in der Herstellung relativ billig, da der Schlamm meist örtlich entnommen und auch zu Ziegeln gefertigt werden kann (Abbildung 5). Der Schlamm muss bei hohen Temperaturen Stabilität gewährleisten. Ein solcher Ofen ist in den ländlichen Bereichen weit verbreitet. Da zur Herstellung keine Maschinen notwendig sind, kann er durch erfahrene Dorfbewohner gebaut werden. Schwierig ist es, die Temperatur gleichmäßig hoch zu halten, da die bei der Pyrolyse entstehende Hitze höher ist als die Entzündungstemperatur von Bambus. Eine falsche Temperatursteuerung kann zu Rissen in der Wand führen, wobei der Ofen zerbricht oder explodiert.

Bei den Eisenöfen unterscheidet man solche mit und ohne integrierten Trockner. Fehlt der Trockner, wird Bambus meist andersorts vorgetrocknet und zum Ofen transportiert. Gegenüber dem Schlammoften lässt sich die zum Karbonisieren erforderliche hohe Temperatur leichter erreichen und kontrollieren. Da die Wände eben und gleichmäßig sind,

ist die Isolationsschicht des Brennraumes technisch weniger aufwendig. Die Wände können geringer dimensioniert sein, sodass der Ofen nach der Karbonisierung schneller abkühlt. Dies ist notwendig, da bei dieser Verkohlung die Temperatur stetig gesteigert wird. Somit sind mehr Durchgänge pro Zeiteinheit möglich, was ökonomisch vorteilhaft ist. Zudem sind in einem Eisenofen die Luftzirkulation und damit die Verkohlungstemperatur einfacher zu kontrollieren, sodass ein höherer Gehalt an Kohlenstoff erreicht wird. Dies verbessert die Qualität der Bambuskohle. Auch lassen sich Bambusessig und Gas besser trennen.

Industrielle Verfahren

Bei den industriell angewendeten Verfahren besitzt der Ofen ein Förderband oder besteht ganz aus einem rotierenden Körper. Im kontinuierlichen Betrieb mit einer Strangpresse kann eine große Menge an Bambuskohle, Bambusessig und Gas hergestellt werden. Die Halme werden zu Chips zerkleinert, wobei die Epidermis als harte Außenhaut zerstört wird. Dies ergibt eine geringere Qualität der Kohle als bei den oben genannten Öfen, die mit größer dimensionierten Bambusstücken arbeiten. Die aus zerkleinerten Chips hergestellte Kohle ist meist von geringerer Qualität und dient zum Heizen oder Grillen.

In einem Betrieb in Thailand werden die verkohlten Stücke gemahlen, unter Zusatz von Wasser und Bindemitteln zu sechseckigen Röhren verpresst und getrocknet (vgl. Abbildung 6). Gepresste Bambuskohle ist sehr hart und feinporig, was eine anhaltende Glut mit starker Hitze fördert. Die sechseckige Form ist vorteilhaft beim Versand in Kartons, da die Wabenstruktur eine hohe Stabilität mit wenig Bruch sowie ein geringes Packmaß aufweist. Wegen der hohen Anschaffungs- und Unterhaltskosten werden solche Öfen nur bei größeren Mengen von Bambuskohle verwendet, deren Rohmaterial regional geerntet sowie durch industrielle Reste ergänzt wird.

Qualitätskontrolle

Für die Qualität der Bambuskohle gibt es noch keine internationalen Standards, doch gelten Rohdichte, Härte, elektrische Widerstandsfähigkeit und die Oberflächenbeurteilung als verlässliche Kennzeichen.

Der Hardgrove-Index dient als Maß für die Härte von Kohle beim Mahlen, je kleiner der Index, desto härter die Kohle. Die industrielle Analyse untersucht verschiedene Eigenschaften, wie Feuchtigkeit, Ascheanteil, flüchtige Bestandteile und den Anteil an fixiertem Kohlenstoff. Durch den Vergleich mit anderen standardisierten Kohleproben wird die Qualität des Produktes bestimmt.

Ein weiteres Merkmal ist die innere Oberfläche der je nach Verwendungszweck feinkörnigen Bambuskohle. Je größer die innere Oberfläche, desto besser die Absorptionseigenschaften, d.h. die Filterwirkung von unerwünschten Stoffen aus Gasen, Dämpfen oder Flüssigkeiten. Verglichen wird die Aufnahmefähigkeit von Gas oder einer Flüssigkeit.

Eigenschaften und Verwendung von Bambuskohle und ihrer Kuppelprodukten

Fertigung, Eigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten der Bambuskohle werden in China seit langem intensiv thematisiert. Eine eindrucksvolle Darstellung der Produktionsverfahren zur Bambuskohle-Gewinnung, sowie eine Dokumentation der vielfältigen Produkte und ihre Verwendung im alltäglichen und industriellen Bereich bietet das Museum für Bambuskohle in Suichang County (Zhejiang Provinz). Die Vitalität des Marktes für Produkte aus Bambuskohle zeigt auch das Internet, in dem chinesische Firmen eine Vielzahl von Produkten auf Bambuskohle-Basis anbieten. Die Intensität der

aktuellen Forschung belegt das von der Chinese Academy of Forestry, Beijing, herausgegebene Journal „World Bamboo and Rattan“, dessen Heft 5, 2009, mit zwölf wissenschaftliche Beiträgen eine breite Vielfalt zum Thema Bambuskohle enthält.

Bambuskohle

Bambuskohle wird entsprechend dem Rohmaterial in verschiedener Form gehandelt, als Halmstück, mit axialen Spaltflächen, korngförmig, als Pulver oder gepresst zu Briketts zur Wasserreinigung, Luftreinigung, zur Körper-



Abbildung 7 Verwendungen der Bambuskohle: Schuheinlagen, Bambusessig, Deodorant, Bambusstückchen Kohle.



Abbildung 6 Bambusbriketts zum Grillen – in Thailand hergestellt

pflüge, Bodenverbesserung als Dünger, zum Grillen und zu vielerlei anderen Zwecken (vgl. Abbildung 7).

Bambuskohle enthält etwa 90 % Kohle, 7 % Gas und 2 bis 4 % Asche. Der pH-Wert beträgt 1,8. Zumeist wird Bambuskohle als Brennmaterial verwendet. Sie hat einen hohen Brennwert, und bei der oft notwendigen Bevorratung besteht keine Gefahr für Pilz- und Termitenbefall. Die Kohle wird zermahlen und in Form gepresst, womit sie leicht lagerfähig und gut transportierbar wird.

Der Heizwert als wichtiger Indikator für die Energiespeicherung steigt mit einer Brenntemperatur von etwa 500 bis 800 °C auf Werte von 7500 bis 8500 Kcal (31 bis 36 MJ) im Vergleich zur Holzkohle mit 7000 bis 7800 Kcal (29 bis 33 MJ). Mit einer Brenndauer von etwa 4 h ist sie für den Kamin besonders geeignet.

Bambuskohle hat eine größere innere Oberfläche als Holzkohle und daher die besseren Absorptionseigenschaften. Der Maximalwert von maximal 385 m²/g entsteht bei einer Temperatur von 700 °C, Holzkohle hat eine innere Oberfläche von 50 bis 80 m²/g. Die Dichte von Bambuskohle beträgt bei 300 °C Temperatur 565 kg/m³ und steigt bei 1000 °C bis 720 kg/m³.

Die gute Absorptionseigenschaft der Bambuskohle wird in China und Japan vielfältig genutzt. Aus der Raumluft absorbiert die Kohle schädliche Stoffe wie Formaldehyd, Ammoniak und Benzol. Mit ihrer hohen Porosität nimmt sie bei hoher Luftfeuchte Feuchtigkeit auf und gibt sie bei geringer Feuchte ab. Einsatzgebiete sind feuchte Räume, wie Bad und Schlafzimmer, Toiletten, ferner Kissen, Betten und Einlagen. Auch in Wänden, Böden und unter Häusern wird Bambuskohle eingebaut. Körnige oder pulverige Kohle wird in Tüten, Kissen oder Matratzen verpackt und in Wetterkleidung eingewebt. Die Gebrauchsdauer beträgt je nach Nutzungsintensität etwa drei Wochen, nach Waschen und Trocknen ist das Material wieder einsetzbar.

Bambuskohle bindet gefährliche

Substanzen wie Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, Benzopyren, und vor allem Nikotin und Teer. In China werden Zigarettenfilter mit Bambuskohle angereichert, sie soll 95 % der Schadstoffe absorbieren.

In der Küche enthalten Geruchsfilter oft Bambuskohle. Im Kühlschrank produzieren Obst und Gemüse Ethylen, das von Bambuskohle gebunden wird, sodass die Produkte länger frisch bleiben. Gleiches gilt auch für Gerüche von Fisch- und Fleischprodukten. Auch zur körperlichen Geruchsminderung hilft Bambuskohle, wie in Schuheinlagen und als Zusatz in Seifen.

Dem Wasser beigegebene Giftstoffe, wie Chlor, 2,4-Dichlorhydrobenzen und andere Chemikalien werden mithilfe von Bambuskohle absorbiert. Praktische Anwendung findet diese Wasserreinigung derzeit im Erdbebengebiet von Haiti, um das abfließende, verunreinigte Wasser durch Filterung mit Bambuskohle trinkfähig zu machen. Gleichzeitig werden Mineralien aus der Kohle an das Wasser abgegeben, wodurch sich Wasserqualität sowie Geschmack verbessern.

Mit Erde vermischt wirkt sie zur Feuchtigkeitsregulierung und dient zusätzlich als Dünger.

Bambusessig

Bei der Pyrolyse entstehen neben der Bambuskohle auch Bambusessig und Bambusgas. Der abziehende Rauch kondensiert im Schornstein des Ofens und tropft in ein Gefäß (vgl. Abbildung 4). Das schwarzbraune Kondensat riecht rauchig und separiert sich in eine leicht gelbe Schicht (Bambusessig) und einen dunklen Bodensatz (Bambusteer). Der je nach Temperatur und Bambusart kondensierte Essig enthält mehr als 200 organische Substanzen, wie gesättigte und ungesättigte Säuren, Alkohole, Aldehyde und Polyphenole.

Eine Gewinnungstemperatur von 250 bis 300 °C ergibt den höchsten Anteil an Essigsäure mit einem Säuregehalt von 8,7 % und einem pH-Wert von 1,8. Durch den niedrigen pH-Wert wird die

so gewonnene Essigsäure zum Ansäuern von alkalischen Böden genutzt.

Bambusessig wird in China vielfältig verarbeitet und besonders nach Japan exportiert. Ein weites Anwendungsgebiet sind medizinische Produkte. Bambusessig wird gegen Hautinfektionen und als Antibiotikum eingesetzt, z.B. als Bambusessig-Spray oder Bambusessig-Seife, und in der Kosmetik sowie der Lebensmittel- und Getränkeindustrie genutzt. Ein mit Bambusessig angereichertes „Vitalpflaster“ soll unerwünschte Stoffe der Haut eliminieren.

Auch das Pflanzenwachstum wird durch Bambusessig gefördert, z.B. als Dünger besonders für alkalische Böden. Zudem werden Pflanzen gegen schädliche Mikroorganismen geschützt.

Ist keine örtliche Verwendung des Bambusessigs möglich, wird er als Brennstoff in den Verkohlungsöfen zurückgeleitet.

Bambusgas und Bambusasche

Bei der Pyrolyse von Bambus entsteht etwa 7 % Gas, vor allem Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Methan, Ethylen und Wasserstoff. Das Gemisch wird direkt als Brennstoff genutzt.

Am Ende der Verkohlung verbleiben 2 bis 4 % Bambusasche – je nach Bambusart und Verkohlungsmethode. Die Asche enthält Mineralstoffe, wie Silizium, Calcium, Kalium, Magnesium, Natrium, Eisen und Mangan. Sie dient der Landwirtschaft zum Pflanzenschutz, Esssäuren von Böden sowie als Dünger.

Literatur

- Fu, Jinhe. Bamboo Charcoal Products. 2005. Unveröffentlichter Bericht, Forestry University, Nanjing, China, 34 S.
- Fu, Jinhe, Chen W. Profile of Bamboo charcoal Museum in Suichang County, Zhejiang. 2009. World Bamboo and Rattan, 7 (5), 45.
- Hosokawa, K. Bamboo Charcoal. Internal Technical Report No. 3. 2005. Royal Forest Department/International Tropical Timber Organization (Itto) Project: PD 56/99 Rev. 1 (1).
- Huang, L.X. 1996. Wood pyrolysis technology. China Forestry Publishing House, Beijing, China.
- Jiang, Z., Chief editor. Bamboo and Rattan in the World. 2007. China Forestry Publishing House, 360 pp. Chapter 13: Bamboo Charcoal, Vinegar and Active Carbon, 214–226.
- Liese, W.; Dikling, R. 2009. Bambus als CO₂-Speicher? Naturwissenschaftliche Rundschau, 62 (7), 341–348.
- Mu, J.; Uehara, T.; Furuno, T. 2005. Effect of bamboo vinegar on regulation of germination and radicle growth of seed plants II: composition of Moso bamboo vinegar at different collection temperature and its effects. J. Wood Science, 2004, 50, 470–476.
- National Mission on Bamboo Applications (NMBA). 2005. Bamboo-based Charcoal Production. Technology Information, Forecasting and Assessment Council (TIFAC), Department of Science and Technology, Government of India.
- Zhang, Q. S.; Jiang, S.; Xiao, P. 2005. Bamboo Charcoal Unit. Transfer of Technology Model (TOTEM). INBAR – Nanjing Forestry University, Nanjing, China, 58 S.
- Zhang, Q. S.; Zhou, J.B. 2007. Outstanding Functions of Bamboo Charcoal. China Forest Products Industry, 34 (1), 3–8.
- www.bamboovinegar.com
- www.bambusenergie.de
- www.bambus-lexikon.de/bambuskohle
- www.Wikipedia.org/wiki/Holzkohle