

**Antioxidative Aktivität von Tee:**  
**Einfluss der Extraktionszeit und der Extraktionsvorgänge**

**Dr. rer. nat. habil. Volker Böhm**

**Institut für Ernährungswissenschaften, Universität Jena**

**Einleitung**

Phenolische Inhaltsstoffe sind in pflanzlichen Lebensmitteln weit verbreitete antioxidative Verbindungen. Dabei sind die Flavonoide mit mehr als 4.000 identifizierten Verbindungen die Hauptgruppe der Polyphenole. Verschiedene Studien deuten darauf hin, dass diese Substanzklasse eine Bedeutung bei der Reduktion degenerativer Erkrankungen wie Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Krebs hat.

Tee, eines der meist konsumierten Getränke, ist seit mehr als 4.000 Jahren bekannt und wird als wichtige Quelle für Polyphenole angesehen. Frische Blätter des immergrünen Teestrauches (*Camellia sinensis*), die bezogen auf die Trockensubstanz zu etwa 1/3 aus Polyphenolen bestehen, werden zu grünem Tee, zu Oolong-Tee oder zu schwarzem Tee verarbeitet. Zur Herstellung von grünem Tee werden die Teeblätter erhitzt, um die enzymatische Oxidation der Polyphenole zu verhindern. Eine sechsstündige Fermentation ergibt den schwarzen Tee. Die Polyphenoloxidase in den Blättern oxidiert die farblosen Catechine zu den orange-gelben bzw. rot-braunen Theaflavinen und Thearubigenen, die auch für den adstringierenden Geschmack von schwarzem Tee verantwortlich sind. Der Oolong-Tee wird, im Gegensatz zum schwarzem Tee, nur 1 bis 2 Stunden fermentiert und enthält daher sowohl Catechine als auch Oxidationsprodukte [1, 2].

Während grüner Tee überwiegend Flavanole, Flavandiole und Phenolcarbonsäuren enthält, sind die polymeren Theaflavine und Thearubigene die Hauptpolyphenole des schwarzen Tees. Zu den Flavanolen gehören die bekannten Catechine Epigallocatechingallat, Epigallocatechin und Epicatechin, die hauptsächlich für die antioxidative Aktivität des grünen Tees verantwortlich sind. Aber auch die Theaflavine und Thearubigene des schwarzen Tees sind antioxidativ wirksam [3].

Die Extraktionszeit hat großen Einfluss auf die antioxidative Aktivität von Tee-Extrakten. Mit zunehmender Aufbrühzeit steigen die Gesamtphenolgehalte und damit auch die antioxidative Aktivität. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, dass die typische Ziehzeit von 3 Minuten auch aus wissenschaftlicher Sicht als günstig anzusehen ist. Innerhalb dieses Zeitraums sind bereits 70 bis 80 Prozent der nach 10 Minuten extrahierten Polyphenole im Tee enthalten.

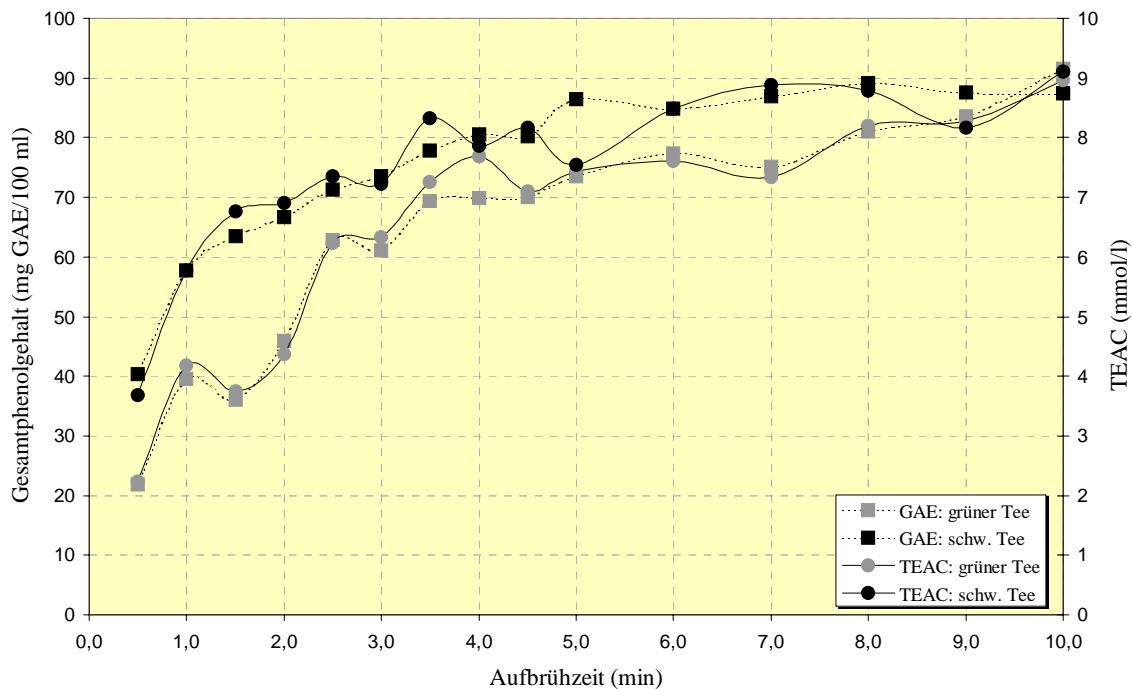
## Versuchsbeschreibung

Um den Einfluss der Extraktionszeit auf das protektive Potenzial von Tee zu prüfen, wurden sowohl grüner Tee (*China Gunpowder*) als auch schwarzer Tee (*English Blend*) 0,5 bis 10 Minuten lang aufgebrüht [2]. Dazu wurden jeweils 1,3 g Teeblätter mit 100 ml siedendem Wasser extrahiert. Um eine gleichmäßigere Extraktion zu erreichen, wurde der Extrakt während der gesamten Aufbrühzeit gerührt.

Die antioxidative Aktivität der Tee-Extrakte wurde mit dem TEAC-Test (Trolox equivalent antioxidant capacity) [4] und dem LDL-Oxidations-Test [5] ermittelt. Außerdem wurden die Gesamtphenolgehalte nach Folin-Ciocalteu [6] bestimmt. In einer weiteren Studie wurde darüber hinaus für grünen Tee untersucht, wie sich die Mehrfachextraktion, die bei diesem Tee durchaus üblich ist, auf die genannten Parameter auswirkt [7]. Hier wurde der haushaltsüblichen Zubereitung entsprechend nicht gerührt.

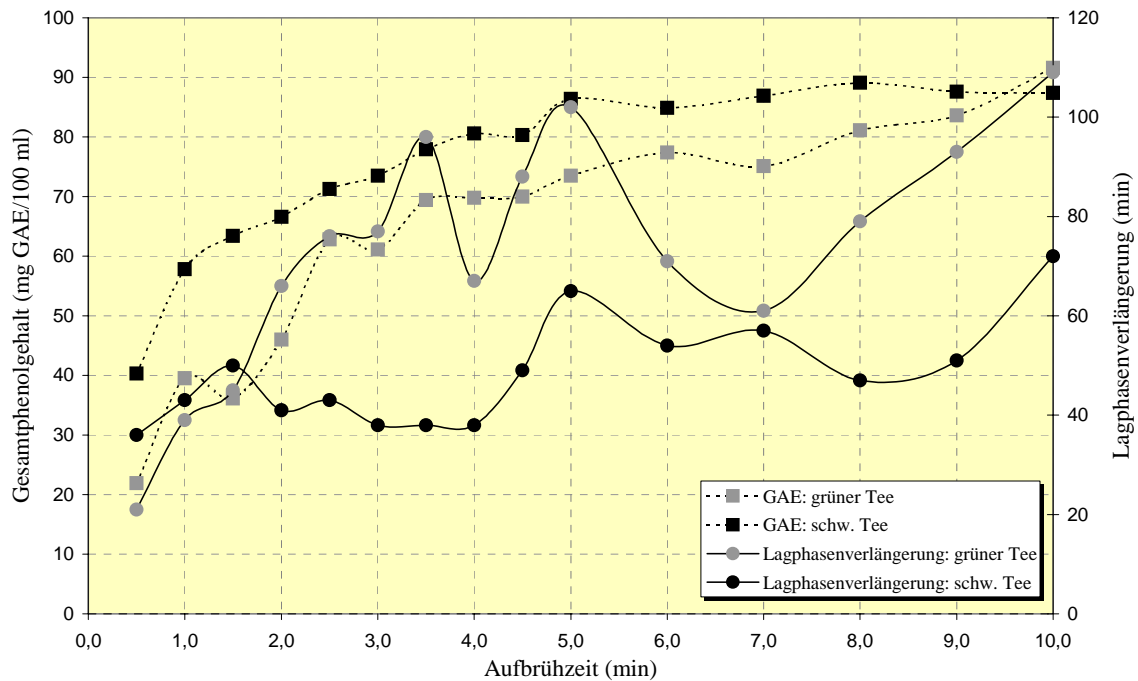
## Ergebnisse

Alle Tee-Extrakte ergaben zunehmende antioxidative Aktivität mit steigender Aufbrühzeit. Beim schwarzen Tee stieg die antioxidative Aktivität von 3,7 Millimol (mmol)/l (0,5 min) bis auf 9,1 mmol/l (10 min). Die TEAC-Werte des grünen Tees lagen zwischen 2,2 mmol/l (0,5 min) und 9,0 mmol/l (10 min). Die Gesamtphenolgehalte (berechnet als Gallussäure-Äquivalente, GAE) beider Tees stiegen parallel dazu von 40,3 mg/100 ml auf 87,4 mg/100 ml (schwarzer Tee) bzw. von 21,9 mg/100 ml auf 91,6 mg/100 ml (grüner Tee) an. Abbildung 1 zeigt die Gesamtphenolgehalte und die TEAC-Werte beider Tees in Abhängigkeit von der Extraktionszeit.



**Abbildung 1:** Gesamtphenolgehalte (mg GAE/100 ml) und TEAC-Werte (Trolox equivalent antioxidant capacity, mmol/l) von grünem und schwarzem Tee in Abhängigkeit von der Aufbrühzeit

Die antioxidative Aktivität korreliert sowohl bei dem untersuchten grünen Tee als auch bei dem untersuchten schwarzen Tee gut mit den ermittelten Gesamtphenolgehalten (grüner Tee:  $r = 0,995$ ; schwarzer Tee:  $r = 0,985$ ). Dies zeigt, dass die mit dem TEAC-Test ermittelte antioxidative Aktivität überwiegend auf die phenolischen Inhaltsstoffe beider Tees zurückzuführen ist.

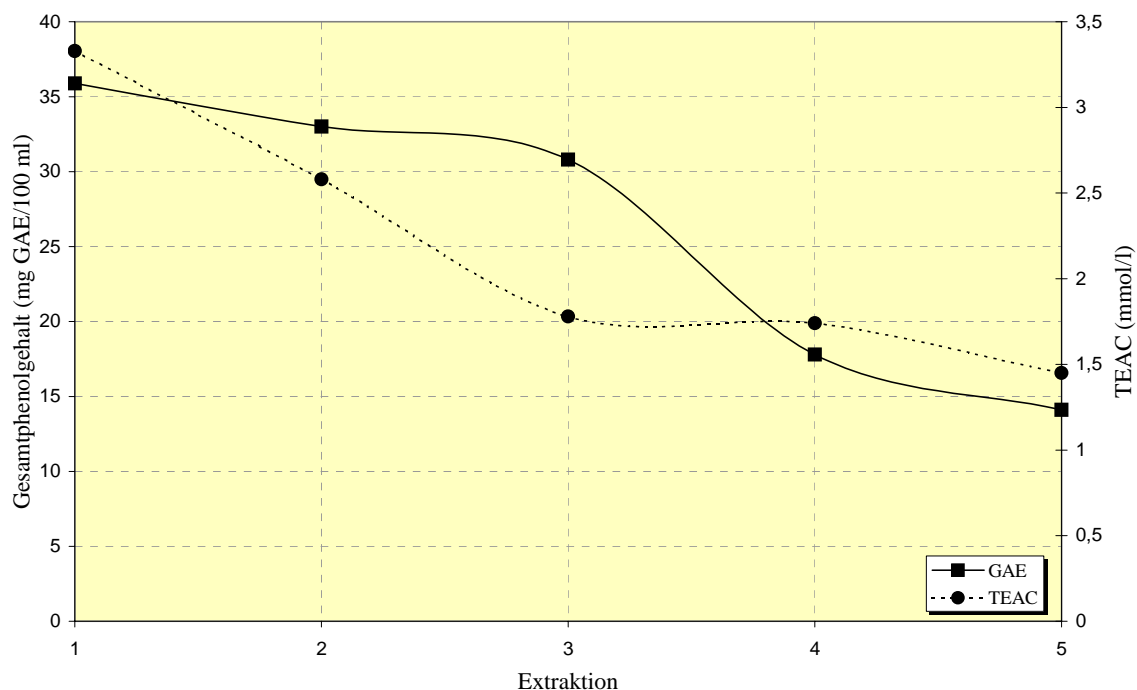


**Abbildung 2:** Gesamtphenolgehalte (mg GAE/100 ml) und Lagphasenverlängerung im LDL-Oxidations-Test (min) von grünem und schwarzem Tee in Abhängigkeit von der Aufbrühzeit

Nach drei Minuten waren in den beiden untersuchten Teesorten etwa 70 bis 80 Prozent der nach 10 min gemessenen Gesamtphenolgehalte und TEAC-Werte erreicht. Diese, den üblichen Zubereitungsgewohnheiten entsprechende Zeit von 3 min, die etwa drei Viertel der protektiv wirksamen Inhaltsstoffe extrahiert, wurde für alle weiteren Untersuchungen verwendet. Ebenso wurde die gebräuchliche Teekonzentration von 1,3 g pro 100 ml für alle weiteren Untersuchungen beibehalten.

In einer weiteren Versuchsreihe sollten die eigenen Untersuchungen zeigen, wie sich die Mehrfachextraktion von grünem Tee auf die antioxidative Aktivität der Tee-Extrakte auswirkt [4]. Dazu wurden vier Sorten grüner Tee (*China Chun Mee*, *China Gunpowder*, *Japan Bancha*, *Ceylon Pekoe*) aus dem lokalen Handel jeweils fünfmal 3 min lang mit den selben Teeblättern (1,3 g pro 100 ml) aufgebrüht, sowohl mit siedendem Wasser als auch mit auf 80 °C temperiertem Wasser. Diese Varianten sollten den Einfluss der Temperatur auf die extrahierten Inhaltsstoffe zeigen, da grüner Tee in der Regel mit Wasser unterhalb des Siedepunktes aufgebrüht wird. In allen Extrakten wurden die Gesamtphenolgehalte und die TEAC-Werte bestimmt.

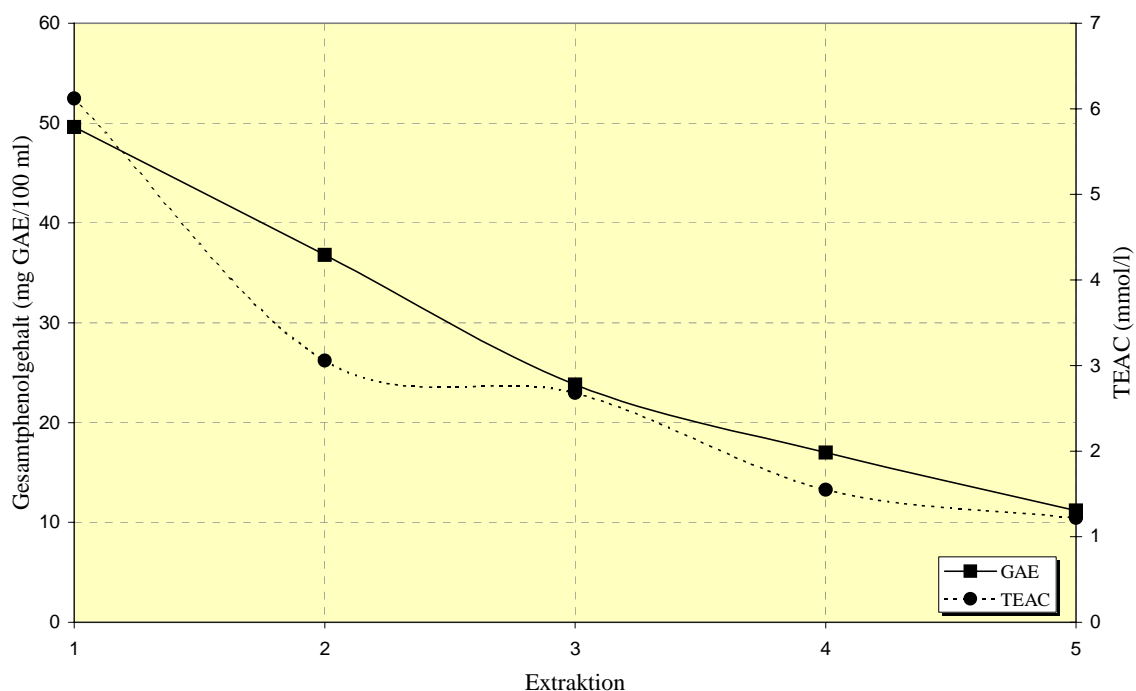
Mit der höheren Wassertemperatur wurden mehr phenolische Inhaltsstoffe aus den Teeblättern extrahiert. Der bei 100 °C aufgebrühte Tee wies somit eine höhere antioxidative Aktivität auf als der bei 80 °C aufgebrühte Tee. Gesamtphenolgehalte und antioxidative Aktivität waren in allen fünften Extrakten bestimmbar, zwischen beiden Parametern bestand eine gute Korrelation (100 °C:  $r = 0,988$ ; 80 °C:  $r = 0,899$ ). Die Abbildungen 3 und 4 zeigen exemplarisch die Ergebnisse für einen grünen Tee (*Ceylon Pekoe*), der in unseren Untersuchungen die höchste antioxidative Aktivität der vier grünen Tees aufwies. *Ceylon Pekoe* ist im Gegensatz zu den anderen untersuchten Tees durch relativ kleine Blätter charakterisiert.



**Abbildung 3:** Gesamtphenolgehalte (mg GAE/100 ml) und TEAC-Werte (mmol/l) von grünem Tee (*Ceylon Pekoe*) in fünf aufeinander folgenden Extraktionen der selben Teeblätter bei 80 °C

Die jeweiligen dritten Extrakte aller vier untersuchten grünen Tees wiesen noch etwa 50 Prozent der im ersten Extrakt ermittelten antioxidativen Aktivität auf. In den fünften Extrakten war noch etwa 10 Prozent der ursprünglichen antioxidativen Aktivität vorhanden, so dass eine Mehrfachextraktion von grünem Tee aus dieser Perspektive durchaus durchgeführt werden kann. Die Temperatur des verwendeten Wassers zeigte einen großen Einfluss auf die Menge der extrahierten phenolischen Inhaltsstoffe. In einer vor einigen Jahren veröffentlichten Studie [9] konnte ebenfalls ein Einfluss der

Wassertemperatur auf die antioxidative Aktivität der Tee-Extrakte gezeigt werden. Im Gegensatz zu den eigenen Untersuchungen wurde der Tee dort aber bei sehr niedrigen Temperaturen von 10 °C, 20 °C und 50 °C aufgebriht, die nicht sehr üblich sind. Eine zu hohe Aufbrühtemperatur kann aber auch nicht empfohlen werden, da der Tee-Extrakt dann bitter schmeckt. Außerdem ist das im grünen Tee enthaltene Vitamin C hitzeempfindlich.



**Abbildung 4:** Gesamtphenolgehalte (mg GAE/100 ml) und TEAC-Werte (mmol/l) von grünem Tee (*Ceylon Pekoe*) in fünf aufeinander folgenden Extraktionen der selben Teeblätter bei 100 °C

### Zusammenfassung

Die Extraktionszeit hat einen großen Einfluss auf die antioxidative Aktivität von Tee-Extrakten. Mit zunehmender Aufbrühzeit stiegen die Gesamtphenolgehalte, die hauptverantwortlich für die gleichzeitig steigende antioxidative Aktivität sind. Nach einer Ziehzeit von 3 Minuten waren aber schon 70 bis 80 Prozent der nach 10 Minuten extrahierten Polyphenole im Tee-Extrakt enthalten. Somit ist die den Verbrauchergewohnheiten entsprechende Ziehzeit von 3 Minuten auch aus wissenschaftlicher Sicht als günstig anzusehen. Zwischen grünem und schwarzem Tee war in diesen Untersuchungen mit jeweils einem Tee kein wesentlicher Unterschied festzustellen. Auch spätere

Untersuchungen mit 14 schwarzen Tees und 4 grünen Tees ergaben keinen grundsätzlichen Unterschied zwischen grünem und schwarzem Tee [8].

Grüner Tee enthielt auch im fünften Aufguss noch nennenswerte Mengen antioxidativ wirksamer Polyphenole. Gegenüber dem ersten Aufguss wiesen die jeweiligen dritten Aufgüsse bei vier untersuchten grünen Tees noch etwa 50 Prozent der antioxidativen Aktivität auf, in den fünften Aufgüssen waren noch 10 Prozent der ursprünglichen antioxidativen Aktivität messbar. Durch diese Ergebnisse wird die Möglichkeit der bei vielen grünen Tees empfohlenen Mehrfachextraktion erstmals wissenschaftlich belegt. Der untersuchte grüne Ceylon Pekoe hatte die höchste antioxidative Aktivität und wies im fünften Extrakt ähnliche TEAC-Werte auf wie die in einer anderen Untersuchung geprüften Oolong-Tees in ihrem ersten Extrakt [8].

## Literatur

- [1] Balentine DA, Wiseman SA, Bouwens LCM (1997):  
The chemistry of tea flavonoids, *Crit Rev Food Sci Nutr* 37:693-704.
- [2] Weisburger JH (1996):  
Tea Antioxidants and Health, in: Cadenas E, Packer L (eds), *Handbook of antioxidants*, Dekker, New York, 469-486.
- [3] Wiseman SA, Balentine DA (1997):  
Antioxidants in tea, *Crit Rev Food Sci Nutr*, 37: 705-718.
- [4] Liebert M, Licht U, Böhm V, Bitsch R (1999):  
Antioxidant properties and total phenolics content of green and black tea under different brewing conditions, *Z Lebensm Unters Forsch A*, 208: 217-220.
- [5] Miller NJ, Diplock AT, Rice-Evans CA (1995):  
Evaluation of the total antioxidant activity as a marker of the deterioration of apple juice on storage, *J Agric Food Chem*, 43: 1794-1801.
- [6] Esterbauer H, Striegl G, Puhl H, Rotheneder M (1989):  
Continuous monitoring of in vitro oxidation of human low density lipoprotein, *Free Rad Res Comms*, 6: 67-75.
- [7] Singleton VL, Rossi JA (1965):  
Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents, *Am J Enol Vitic*, 16: 144-158.
- [8] Schlesier K, Böhm V, Bitsch R:  
Critical analysis on different aspects affecting the protective potential of green tea, Oolong tea and black tea, *Eur Food Res Technol*, submitted for publication.
- [9] Robinson EE, Maxwell SRJ, Thorpe GHG (1997):  
An investigation of the antioxidant activity of black tea using enhanced chemiluminescence, *Free Rad Res*, 26: 291-302.