

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Fakultät Life Sciences

Vergleichende Analyse von Catechingehalten in japanischen Grünteestee und Einordnung ihrer chemopräventiven Wirkung

**Bachelorarbeit**

Studiengang Ökotrophologie

vorgelegt von:

**Katrin Kromm**

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

vorgelegt am: 15.10.2024

Erstgutachter: Prof. Dr. Stefan Lunkenbein

Zweitgutachterin: Prof. Dr. Nina Riedel

# Inhalt

Abkürzungsverzeichnis .....	IV
Abbildungsverzeichnis .....	V
Tabellenverzeichnis.....	VI
Zusammenfassung.....	1
Abstract .....	2
1 Einleitung .....	3
2 Grüntee .....	4
2.1 Die Teepflanze .....	5
2.2 Verarbeitungsschritte .....	6
2.3 Klassifizierung .....	8
2.4 Richtige Zubereitung.....	9
2.5 Inhaltsstoffe.....	9
2.5.1 Polyphenole .....	10
2.5.2 Catechine .....	11
3 Chemopräventive Wirkung von Grüntee.....	14
3.1 Antioxidativer Effekt .....	14
3.2 Entzündungshemmende Eigenschaften.....	15
3.3 Kardiovaskuläre Eigenschaften.....	16
3.4 Krebspräventive Eigenschaften.....	18
3.5 Sicherheit von Catechinen.....	19
4 Bestimmung von Catechinen im japanischen Grüntee.....	20
4.1 Die zu untersuchenden Teesorten .....	21
4.2 Methode der DIN ISO 14502-2.....	24
4.2.1 Hochleistungs-Flüssigchromatographie.....	24
4.2.2 Reagenzien.....	28
4.2.3 Geräte.....	29
4.2.4 Vorbereitung der Reagenzien .....	29
4.2.5 Vorbereitung der Teeproben.....	30

4.2.6	Verdünnung .....	31
4.2.7	Durchführung.....	32
4.2.8	Bestimmung.....	33
4.2.9	Berechnungen .....	35
4.2.10	Ergebnisse.....	37
4.2.11	Auswertung.....	39
5	Fazit.....	41
	Literaturverzeichnis.....	43
	Eidesstattliche Erklärung.....	47

## Abkürzungsverzeichnis

°dH .....	Grad deutscher Härte
C.....	(+)-Catechin
CG.....	(-)-Catechin 3-gallat
CRP.....	C-reaktives Protein
CVD .....	Kardiovaskuläre Erkrankungen
EC.....	(-)-Epicatechin
ECG.....	(-)-Epicatechin 3-gallat
EDTA .....	Dinatriummethyldiamintetraacetat-Dihydrat
EGC.....	(-)-Epigallocatechin
EGCG.....	(-)-Epigallocatechin 3-gallat
GC.....	(-)-Gallocatechin
GCG .....	(-)-Gallocatechin 3-gallat
HPLC.....	Hochleistungs-Flüssigchromatographie
IL-8.....	Interleukin-8
KHK .....	Koronare Herzkrankheit
LFGB.....	Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch
ROS.....	Reaktive Sauerstoffspezies

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Camellia sinensis Blätter (Namita P., Mukesh R. und Vijay K. J., 2012).....	5
Abbildung 2 Verarbeitungsschritte von Tee; modifiziert nach: (THIE-Tea & Herbal Infusions Europe, 2018).....	7
Abbildung 3 Klassifizierung von Tee; modifiziert nach: (Rimbach G., Nagursky J. und Erberdobler H. F., 2015, S. 295).....	9
Abbildung 4 Strukturformeln der Catechine; modifiziert nach: (Rimbach G., Nagursky J. und Erberdobler H. F., 2015, S. 300) .....	12
Abbildung 5 Schema des Metabolismus von Catechinen (Cai Z. et al., 2018).....	14
Abbildung 6 Teesorten; Links: Bancha; Mitte: Sakura Kukicha; Rechts: Mushisei Tamaryokucha	23
Abbildung 7 Peakformen; modifiziert nach: (Meyer V. R., 2004, S. 40) .....	26
Abbildung 8 Schematischer Aufbau eines HPLC-Systems: E: Elutionsreservoir; P: Pumpe; I: Injektor; S: Trennsäule; D: Detektor (Matissek R., Fischer M. und Steiner G., 2018, S. 87).....	27
Abbildung 9 Anhang C "Typische HPLC-Chromatogramme" (Deutsches Institut für Normung e. V., 2007, S. 19) .....	33
Abbildung 10 Chromatogramm der 20 µg/ml Kalibrierlösung .....	34
Abbildung 11 Peakflächen der Teeproben unter den verschiedenen Temperaturen .....	34
Abbildung 12 Peakfläche in Abhängigkeit zur Massenkonzentration der Kalibrierstandards.....	36
Abbildung 13 Konzentration in mg/150 ml in Abhängigkeit der Temperatur-Bancha.....	37
Abbildung 14 Konzentration in mg/150 ml in Abhängigkeit der Temperatur-Sakura Kukicha .....	38
Abbildung 15 Konzentration in mg/150 ml in Abhängigkeit der Temperatur-Mushisei Tamaryokucha.....	38

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Catechingehalt in mg/100 ml Grünteeaufguss (Bhagwat S., Haytowitz D. B. und Holden J. M. , 2011). .....	13
Tabelle 2 Zusammensetzung des Standards (Merck KGaA, 2023) .....	29
Tabelle 3 Verhältnis zwischen Standard und Stabilisierungslösung .....	32
Tabelle 4 Flächen der Kalibrierlösungen .....	35
Tabelle 5 Konzentrationen von EC, EGCG und ECG nach Temperatur und Ziehzeit in mg/150 ml im Bancha.....	37
Tabelle 6 Konzentrationen von EC, EGCG und ECG nach Temperatur und Ziehzeit in mg/150 ml im Sakura Kukicha.....	37
Tabelle 7 Konzentrationen von EC, EGCG und ECG nach Temperatur und Ziehzeit in mg/150 ml im Mushisei Tamaryokucha.....	37

## Zusammenfassung

Der Grüntee wurde ursprünglich 2737 v. Chr. in China entdeckt und wird seither weltweit getrunken und in zahlreichen Gebieten angebaut. Unter anderem in Japan. Der japanische Grüntee unterscheidet sich in der Verarbeitung von anderen Teesorten, da dieser gedämpft wird und den Fermentationsprozess überspringt. Dadurch bleiben die gesundheitsförderlichen Catechine erhalten. Das Epigallocatechin 3-gallat (EGCG) macht im Grüntee den meisten Anteil mit zehn bis fünfzehn Prozent aus. Den Catechinen, insbesondere dem EGCG, werden chemopräventive Eigenschaften zugesprochen. Aus Studien geht hervor, dass diese nachweislich antioxidative, entzündungshemmende, antikanzerogene und kardioprotektive Wirkungen besitzen. In dieser Arbeit wird eine Analyse von Catechingehalten von drei japanischen Grünteeaufgüssen durchgeführt und eine Einordnung ihrer chemopräventiven Wirkung vorgenommen. Die Analyse erfolgt anhand der DIN ISO 14502-2 durch eine Hochleistungs-Flüssigchromatographie. Die Literaturrecherche wird durch die Datenbanken PubMed, ScienceDirect, Google Scholar und dem Katalogplus der Universität Hamburg durchgeführt. Die Ergebnisse der Analyse zeigen, dass die Konzentrationen für das (-)-Epicatechin zwischen 2,2 und 8,8 mg/150 ml, dem (-)-Epigallocatechin 3-gallat zwischen 14,3 und 51,7 mg/150 ml und dem (-)-Epicatechin 3-gallat zwischen 1,3 und 8,7 mg/150 ml liegen. Insgesamt befinden sich alle Werte unter dem Durchschnitt der zu erwarteten Konzentrationen eines Grünteeaufgusses. Diese variieren je nach Grünteesorte und nehmen mit der Ziehzeit und Ziehtemperatur zu. Die aktuelle Forschung ermöglicht derzeit noch keine Einordnung der Ergebnisse, da es eine unzureichende Evidenzlage über die Dosierung gibt, ab wann ein gesundheitlicher Effekt auftritt. Da bereits positive Zusammenhänge bewiesen wurden, sollten sich zukünftige Studien näher mit den Auswirkungen verschiedener Dosierungen befassen, um eine Grundlage für den Einsatz ihrer Wirkung zu bilden.

## Abstract

Green tea was discovered in China in 2737 B.C. and has since been drunk worldwide and is cultivated in a lot of regions. For example in Japan. Japanese green tea differs from other types of tea in the way it is processed. It is steamed and skips the fermentation process. This preserves the health promoting catechins. The largest amount of catechins in green tea is (-)-epigallocatechin 3-gallate (EGCG) with ten to fifteen percent, which has chemopreventive properties, including antioxidant, anti-inflammatory, anti-carcinogenic and cardioprotective effects. This paper analyzes the catechin content of three Japanese green tea infusions and classifies their chemopreventive effects. The analysis is based on DIN ISO 14502-2 using high-performance liquid chromatography. The literature search was carried out using the databases PubMed, ScienceDirect, Google Scholar and Katalogplus of the University of Hamburg. The results of the analysis show that the concentrations for (-)-epicatechin are between 2.2 and 8.8 mg/150 ml, for (-)-epigallocatechin 3-gallate between 14.3 and 51.7 mg/150 ml and for (-)-epicatechin 3-gallate between 1.3 and 8.7 mg/150 ml. These values are below the average of expected concentrations, and they vary depending on the type of green tea and increase with brewing time and temperature. Current research lacks sufficient evidence to classify results due to insufficient evidence about the dosage at which health effects occur. Future studies should examine the effects of different dosages to develop an approach for future use of their effects.

# 1 Einleitung

Grüntee gehört zu den beliebtesten und meistkonsumierten Getränken weltweit. Er wird derzeit von etwa zwei Dritteln der Weltbevölkerung aufgrund seines einmaligen Geschmacks und der stimulierenden Wirkung getrunken. (Sharifi-Rad M. et al., 2020) Gleichzeitig zählt der Tee zu den ältesten Getränken der Welt und wurde im Jahr 2737 vor Christus in China zufällig entdeckt (Rimbach G., Nagursky J. und Erbersdobler H. F., 2015, S. 293). Im Laufe der Zeit fand der Tee seinen Weg über die Meere nach Europa, bis er schließlich erstmals im Jahr 1650 über die Niederlande nach Deutschland eingeführt wurde. (THIE- Tea & Herbal Infusions Europe, o.J, a)

In den letzten Jahren hat die gesundheitliche Wirkung der im Grüntee enthaltenen Catechine an Bedeutung für die Wissenschaft gewonnen (Afzal O. et al., 2022). Dabei liegt der Fokus auf der chemopräventiven Wirkung gegenüber entzündlichen Krankheiten und größtenteils dem Krebs und der Herz-Kreislauf-Erkrankungen. (Zhao T. et al., 2022)

Die World Health Organization (WHO) zeigt, dass im Jahr 2021 ischämische Herzkrankheiten und Schlaganfälle zu den drei häufigsten Todesursachen weltweit gehörten. Diese haben insgesamt dreiundzwanzig Prozent der Todesfälle ausgemacht. (World Health Organization, 2024) Verschiedene Studien gehen auf die gesundheitsförderlichen Eigenschaften der Catechine, insbesondere dem (-)-Epigallocatechin 3-gallt (EGCG) ein. Dieses soll antioxidative, entzündungshemmende, antikanzerogene und kardioprotektive Wirkungen zeigen. Bei den Studien ATTICA und MEDIS handelt es sich um epidemiologische Untersuchungen, die den Zusammenhang des EGCG und der Herz-Kreislauf-Erkrankungen erforschten. Kishimoto Y. et al. zeigte in einer klinischen Studie ebenfalls Auswirkungen des EGCG auf koronare Herzkrankheiten. Kang K.W. et al. beschäftigte sich mit der antioxidativen Wirkung und Jian W. et al. ging auf die Krebsprävention ein. (Guo J. et al., 2023), (Zhao T. et al., 2022), (Jian W. et al., 2019) Es gibt viele verschiedene Grünteesorten auf dem Markt. Keine der Studien geht speziell auf Grünteesorten und die darin enthaltenen Catechine ein, sondern fasst diese allgemein als Grüntee zusammen. Dabei kann es zwischen einzelnen Grüntees große Unterschiede der Konzentrationen von Catechinen geben, die sich wiederum auf den gesundheitlichen Aspekt auswirken können.

Daher wird in dieser Arbeit eine Analyse von Catechingehalten von drei japanischen Grüntees und eine Einordnung ihrer chemopräventiven Wirkung durchgeführt. Die Untersuchung der Catechingehalte erfolgt in erster Linie anhand der DIN ISO 14502-2 aus dem Jahr 2007. Da eine Abweichung des Probenmaterials besteht, wird die DIN ISO 10809 aus dem Jahr 1988 als unterstützende Norm herangezogen. Statt einer Extraktion mit Methanol, wird eine Untersuchung von Teeaufgüssen, die anhand der DIN ISO 10809 zubereitet werden, durchgeführt. Dies dient dazu, ein Ergebnis eines Aufgusses von Normalverbrauchern nachzuahmen und somit die Catechingehalte einer Tasse Grüntee einschätzen zu können. Die Recherche des literaturbasierten Teils erfolgt über die Datenbanken

PubMed, ScienceDirect und Google Scholar, sowie dem Katalogplus der Universität Hamburg, aus dem E-Books involviert werden. Für Informationen zu den Teesorten sowie zu den verwendeten Geräten und Hilfsmitteln werden Internetquellen der Handelsvertreter einbezogen.

Die Arbeit beginnt mit einem literaturbasierten Teil. In dem ersten Kapitel geht es um allgemeine Fakten zum Grüntee, wie die Pflanze, die Verarbeitung und die Inhaltsstoffe. Daraufhin befasst sich das nächste Kapitel mit der chemopräventiven Wirkung der Catechine. Nach der theoretischen Grundlage folgt der praktische Teil, in dem es um die Untersuchung der japanischen Grüntees geht. Hier wird auf die Methode eingegangen. Zudem werden Ergebnisse ausgewertet und interpretiert. Schlussendlich setzt sich das Ergebnis aus dem praktischen und dem literaturbasierten Teil zusammen, aus dem ein Fazit zur Wirkung von Catechinen des Grüntees gezogen wird.

## 2 Grüntee

Die Herkunft des Wortes „Tee“ kommt vermutlich vom kantonesischen Wort „tu“. Als Tee wird ein Aufgussgetränk verstanden, welches durch verschiedene Zubereitungsverfahren aus Blättern, Blüten und Knospen, sowie weiterer Teile der Teepflanze *Camellia sinensis* hergestellt wird. (Rimbach G., Nagursky J. und Erberdobler H. F., 2015, S. 293).

Die Geschichte des Tees begann vor rund 5000 Jahren, als er erstmals in der chinesischen Literatur erwähnt wurde. Nach einer Legende soll der chinesische Kaiser Shen Nung im Jahr 2734 v. Chr. den Tee zufällig entdeckt haben. (Rimbach G., Nagursky J. und Erberdobler H. F., 2015, S. 293) In der Zeit zwischen 618-907 nach Christus wurde der Tee zur Handelsware. Im Jahr 1610 n. Chr. fand er über einen Seeweg nach Europa, bis er erstmals im Jahr 1650 über die Niederlande nach Deutschland importiert wurde. (THIE- Tea & Herbal Infusions Europe, o.J., a), (Rimbach G., Nagursky J. und Erberdobler H. F., 2015, S. 293). Heute gehört der er zu den beliebtesten und verbreitetsten Getränken weltweit. (Khan N. und Mukhar H., 2018)

Im Laufe der Zeit wurden verschiedene Variationen des Tees kreiert. Für die Vielfalt der Aromen und Sorten sind beispielsweise Faktoren wie die Wahl der Teepflanze, das Anbaugebiet und die Art der Verarbeitung entscheidend. (Li S. et al., 2022) So ist durch das Weglassen der Fermentation der Grüntee entstanden (THIE-Tea & Herbal Infusions Europe, 2018).

Das Kapitel dient als Einstieg in das Thema der Catechine und ihrer Wirkung. Zunächst werden allgemeine Informationen zum Grüntee folgen. Darunter werden die Teepflanze und ihre Verarbeitung beschrieben. Daraufhin werden die Inhaltsstoffe des Grüntees und damit die Catechine erläutert. Dazu gehören die chemischen Eigenschaften, sowie die Bioverfügbarkeit und der Metabolismus.

## 2.1 Die Teepflanze

Die Teepflanze gehört zu der botanischen Familie der Theaceae. Der Tee wird aus den Stammpflanzen *Camellia sinensis* und *Camellia assamica* hergestellt. Welche Pflanze verwendet wird, hängt von der Teesorte ab. (Namita P., Mukesh R. und Vijay K. J., 2012)

Die *Camellia sinensis* stammt ursprünglich aus China und Südostasien, ist aber heute weltweit in den subtropischen Gebieten vertreten. Es handelt sich um einen Strauch mit strahlend grünen Blättern. Die Blüten des Strauches sind weiß-gelblich und etwa zweieinhalb bis vier Zentimeter groß. Zudem weisen sie sieben bis acht Blütenblätter auf. Die Blätter der Pflanze, die für die Teeherstellung verwendet werden, können eine Länge von vier bis fünfzehn und eine Breite von zwei bis fünf Zentimetern erreichen. Für die Produktion werden meistens die milderen jüngeren Blätter geerntet. Das Alter der Blätter führt zu unterschiedlichen Qualitäten und Geschmäckern des Tees. Mit zunehmendem Alter ändert sich die chemische Zusammensetzung. Die jüngeren Blätter weisen eine hellere Farbe auf als die älteren. Zudem zeigen sie feine weiße Härchen auf der Blattunterseite auf. (Namita P., Mukesh R. und Vijay K. J., 2012). Die Abbildung 1 verdeutlicht das beschriebene Aussehen der Blätter der Pflanze *Camellia sinensis*.



Abbildung 1 *Camellia sinensis* Blätter (Namita P., Mukesh R. und Vijay K. J., 2012)

Die *Camellia assamica* bevorzugt viel Wärme, da es sich um ein Tropengewächs handelt. Außerdem kann der Strauch eine Höhe von zwölf bis fünfzehn Metern erreichen. Die Blätter, die für den Tee verwendet werden, erreichen eine Länge von zehn bis zwölf Zentimetern. (Deutscher Tee & Kräutertee Verband e.V., o.J., a)

Die *Camellia sinensis* ist die Pflanze, aus der mit Abstand am häufigsten Tee hergestellt wird. Die Pflanze wird aus diesem Grund in zahlreichen Ländern angebaut. Dazu gehören beispielsweise China, Kenia, Indonesien, Indien und Sri Lanka. (THIE- Tea & Herbal Infusions Europe, o.J., b)

China ist dabei der größte Erzeuger weltweit und produziert hauptsächlich Grün- und Schwarztee, aber auch andere Sorten wie den Oolong. Zu den Hauptanbaugebieten gehören Zhejiang, Hubei, Yunnan, Fujian, Anhui und Szechuan. Nach China ist Indien der zweitgrößte Teeproduzent. Hier wird jedoch hauptsächlich Schwarztee wie Assam und Darjeeling angebaut. In Indonesien wird Tee

auf den Inseln Java und Sumatra angebaut und geerntet. In Java während der Trockenphase zwischen August und September und auf Sumatra das ganze Jahr über. In Sri Lanka wird Tee in sieben verschiedenen Gebieten angebaut. Diese sind Uva, Uda Pussellawa, Dimbula, Nuwana-Eliya, Kandy, Sabaragamuva und Ruhuna. Jedes Gebiet liegt auf einer anderen Ebene, in einer Höhe zwischen 600 und 1200 Metern. Aufgrund der unterschiedlichen Lage weist er verschiedene Geschmäcker und Farben auf. (THIE- Tea & Herbal Infusions Europe, o.J., b)

## 2.2 Verarbeitungsschritte

Anders als bei Kaffee, erfolgen die technologischen Verarbeitungsschritte direkt in den Erzeugungsländern des Tees (Engelhardt U., 2018).

Tee weist eine große Auswahl an verschiedenen Aromen auf. Sie reichen von weich-blumig bis herb und kräftig. Für die Vielfalt der Aromen sind einige Faktoren entscheidend. Dazu gehören die Wahl der Pflanze, das Anbaugebiet, das Klima, die Lage, die Erntezeit und die Verarbeitung. (Li S. et al., 2022) Demnach ist es möglich, dass bei verändernden Bedingungen in derselben Region die Teequalität und der Geschmack schwanken können. Aus diesem Grund wurden sogenannte „Blends“ eingeführt. Dabei handelt es sich um Teemischungen unterschiedlicher Plantagen, Regionen und Erntezeitpunkte. Dadurch sollen die Anbau- und Witterungsschwankungen, die sich auf den Geschmack und die Qualität auswirken, ausgeglichen werden. Denn die höchste Priorität liegt darin, den Verbrauchern eine gleichbleibende Qualität bieten zu können. (Rimbach G., Nagursky J. und Erberdobler H. F., 2015, S. 295)

Die Ernte der Teeblätter erfolgt in der Regel per Hand in Intervallen von fünf, sieben, neun oder elf Tagen. Pflückintervalle von sieben Tagen liefern die besten und immerzu gleichbleibende Qualitäten. Beim Pflücken werden junge Triebe gewählt. Dabei gilt die Regel, dass die ersten zwei Blätter und die Sprossspritzen geerntet werden. Dieser Teil wird als „Flush“ bezeichnet. Bei Grüntee ist es besonders wichtig darauf zu achten, dass die geernteten Blätter zügig auf den Plantagen weiterverarbeitet werden, um eine ungewollte Fermentation zu vermeiden. (Rimbach G., Nagursky J. und Erberdobler H. F., 2015, S. 296)

Welche Teesorte nach der Ernte der Blätter entsteht, hängt von der Verarbeitung der Teepflanze ab. Im Allgemeinen hat grüner Tee einen höheren Catechingehalt als schwarzer Tee, da beim Schwarztee die Catechine während des Fermentationsprozesses zu Theaflavinen oxidieren. (Musial C., Kurban-Jankowska A. und Gorska-Ponikowska M., 2020).

Die Abbildung 2 zeigt die einzelnen Prozesse der Teeverarbeitung der verschiedenen Teesorten. Der Grüntee kann in zwei Arten der Verarbeitung unterschieden werden. Der japanischen und chinesischen Art. Beim japanischen Grüntee startet der Prozess wie bei allen Sorten des Tees mit dem Pflücken der frischen Teeblätter. Der nächste Schritt unterscheidet sich von den anderen Teesorten, da

die Blätter nicht gewelkt, sondern gedämpft werden. Anschließend werden die Blätter gerollt beziehungsweise in Form geschnitten und am Ende getrocknet (THIE-Tea & Herbal Infusions Europe, 2018).

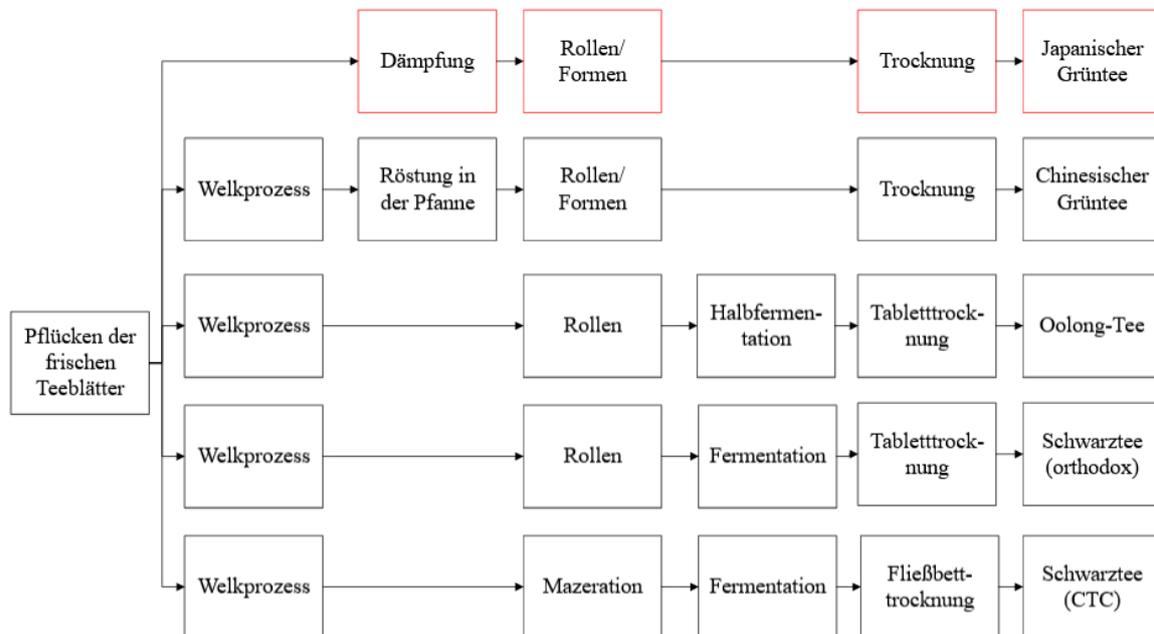


Abbildung 2 Verarbeitungsschritte von Tee; modifiziert nach: (THIE-Tea & Herbal Infusions Europe, 2018)

Der chinesische Grüntee wird gewelkt, in der Pfanne gebrannt, gerollt oder in Form geschnitten und anschließend getrocknet. Die Abbildung 2 macht deutlich, dass grüner Tee im Vergleich zu den anderen Sorten nicht fermentiert wird. (THIE-Tea & Herbal Infusions Europe, 2018).

Das Dämpfen erfolgt auf Matten über siedendem Wasser oder trockener Hitze. Das Ziel liegt in der Enzymaktivierung. Dadurch wird die enzymatische Oxidation der Gerbstoffe, wozu die Polyphenole gehören, unterbunden. Gleichzeitig bleibt Chlorophyll erhalten. In einigen Fällen erfolgt das Dämpfen unter einer Druckausübung in rotierenden zylinderförmigen Behältern. Der Prozess des Welkens erfolgt im Schatten über einen halben bis ganzen Tag, kann aber auch unter einem Wärmeeinfluss stattfinden. Hierfür werden Welktrommeln eingesetzt. Das Welken bewirkt eine Erweichung der Teeblätter. Dadurch wird der Wassergehalt auf bis zu sechzig Prozent reduziert. Es kommt zum Austritt des Zellsaftes. Gleichzeitig werden Proteine in Peptide und Aminosäuren umgebaut. Beim Rollen wird die Blattstruktur und damit auch die Zellwände aufgebrochen. Dies geschieht unter einem Druckeinfluss. Dadurch kommt es zu einem erneuten Austritt des Zellsaftes, was in Wechselwirkung mit Sauerstoff zu enzymatischen und chemischen Reaktionen führt. Darunter fällt die Fermentation. Das Rollen hat Einfluss auf die endgültige Struktur des Tees, da verschiedene Verfahren zu unterschiedlichen Zerkleinerungsgraden führen. Für günstigen Tee werden die günstigen und schnellen Verfahren wie CTC (Crushing Tearing Curling) und LTP (Lawrie Tea Processor) verwendet, die zu einem besonders feinen Schnitt und somit einer kürzeren Fermentationszeit führen. Hier entstehen

feine Blattgrade wie „Dusts“ und „Fannings“, die für den Beuteltee verwendet werden. Beim CTC werden die Blätter zermalmt, zerrissen und gerollt. Bei der LTP-Methode hingegen kommen schnell rotierende Messer zum Einsatz, die das Blatt schneiden. Die Trocknung wird auf Etagentrocknern bei einer Temperatur von knapp unter 100 °C durchgeführt. Dadurch wird der Wassergehalt auf unter fünf Prozent reduziert und die enzymatischen Prozesse werden inaktiviert. (Rimbach G., Nagursky J. und Erberdobler H. F., 2015, S. 297)

### 2.3 Klassifizierung

Durch das Rollen (siehe 2.2 Verarbeitungsschritte) und die damit einhergehende Zerkleinerung wird die Struktur und somit der Blattgrad bestimmt (Rimbach G., Nagursky J. und Erberdobler H. F., 2015, S. 297). Tee wird Anhand des Blattgrades und des Erntezeitpunkts klassifiziert. Die erste Ernteperiode nach dem Monsunregen im Frühling wird als „First Flush“ bezeichnet. Diese Ernte zeichnet sich durch besonders kleine Blätter aus. Die zweite Ernte erfolgt zwischen Mai und Juni und wird als „Second Flush“ bezeichnet. Dieser Ertrag liefert den teuersten Tee, da die Blätter besonders geschmackvolle und kräftige Aufgüsse bringen. Der Blattgrad ist entscheidend für die Einordnung der Qualität des Tees. (Rimbach G., Nagursky J. und Erberdobler H. F., 2015, S. 295)

Es erfolgt eine Einteilung in Blatt- und Broken Tees. Zu „Flowery Orange Pekoe“ gehören die zwei obersten Blätter und ein Knospenanteil. Diese Art zählt zu der besten Teequalität. Der Ausdruck „Orange Pekoe“ wird meistens im Zusammenhang mit Schwarztee verwendet, der ganze, mittelgroße Blätter aufweist. Die Bezeichnung „Pekoe“ wird für den Sortierungsgrad, also die Zusammensetzung aus kurzen und groben Blättern verwendet. Den größten Blattgrad macht der „Souchong“ aus. (Rimbach G., Nagursky J. und Erberdobler H. F., 2015, S. 295)

Broken-Tees bestehen aus Blattfragmenten, die durch Zerkleinerungsprozesse, wie zum Beispiel dem Rollen, entstehen. Dazu gehören „Fannings“ und „Dusts“. Das sind besonders feine Reste des Teeblattes und entstehen bei der Herstellung von „Pekoe“ und „Broken Pekoe“. Diese haben eine pulverartige Konsistenz und werden aufgrund ihres schwächeren Geschmacks in Teebeuteln verwendet. Die Abbildung 3 zeigt alle Blattgrade geordnet nach den beiden Klassen. (Rimbach G., Nagursky J. und Erberdobler H. F., 2015, S. 295)

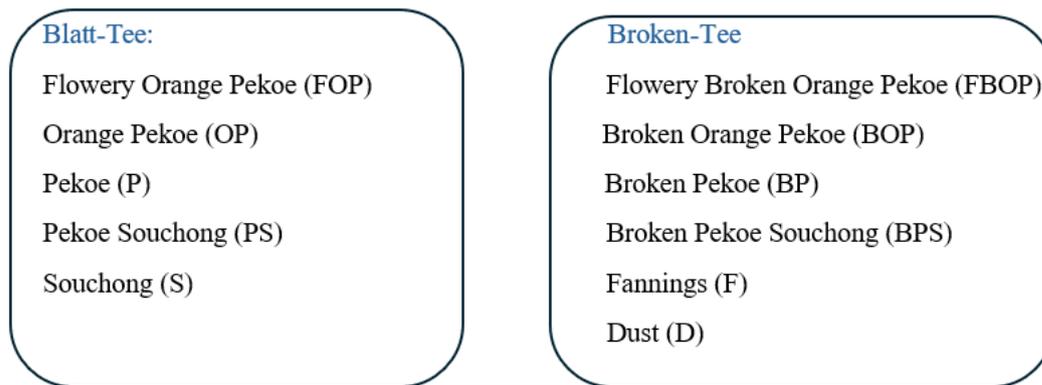


Abbildung 3 Klassifizierung von Tee; modifiziert nach: (Rimbach G., Nagursky J. und Erberdobler H. F., 2015, S. 295)

## 2.4 Richtige Zubereitung

Die Zubereitung hängt von der Teesorte und der persönlichen Geschmacksempfindung ab. Je nach Sorte weichen die Menge und die Ziehzeit ab. Grundsätzlich wird sich an der Regel ein Teelöffel pro Tasse orientiert. Das sind etwa zwei bis drei Gramm Tee. (Deutscher Tee & Kräutertee Verband e.V., o.J., b)

Beim Aufguss wird empfohlen möglichst kalkarmes Wasser zu verwenden. Dies entspricht in den meisten Regionen nicht dem Leitungswasser. Daher kann dafür ein Wasserfilter oder stilles Mineralwasser verwendet werden. Zudem sollte beim Aufkochen darauf geachtet werden, dass das Wasser nach Erreichen des Siedepunktes direkt über den Tee gegossen wird. (Deutscher Tee & Kräutertee Verband e.V., o.J., b)

## 2.5 Inhaltsstoffe

Aus Forschungen geht hervor, dass Tee nahezu vierhundert bioaktive Verbindungen enthält. Fast ein Drittel machen die Polyphenole aus. Zu den weiteren Verbindungen gehören Alkaloide wie Koffein, Theophyllin und Theobromin, sowie das farbgebende Chlorophyll. Zudem enthält Tee flüchtige organische Verbindungen, die für den Geruch des Tees verantwortlich sind. (Namita P., Mukesh R. und Vijay K. J., 2012). Aus chemischer Betrachtungsweise weist Grüntee einen Proteingehalt von fünfzehn bis zwanzig Prozent auf. Darunter fallen Aminosäuren wie L-Theanin, Tyrosin, Tryptophan, Glutaminsäure, Glycin, Serin, Leucin, Valin, Asparaginsäure, Arginin und Lysin. Zudem enthält er natürlich vorkommende Kohlenhydrate wie Saccharose, Glucose und Cellulose. Aber auch eine geringe Menge an Spurenelementen wie Magnesium, Kupfer, Zink, Eisen, Selen und Chrom. (Musial C., Kurban-Jankowska A. und Gorska-Ponikowska M., 2020)

Darüber hinaus enthält Grüntee Vitamin B2 und B3, Vitamin E und Spuren von Vitamin K. Außerdem ist er eine gute Quelle für Fluor, Jod und Phosphor. (Musial C., Kurban-Jankowska A. und Gorska-Ponikowska M., 2020).

Dadurch, dass Grüntee während der Verarbeitung nicht fermentiert wird, bleiben die ursprünglichen chemischen Komponenten des frischen Teeblattes vollständig erhalten (Li S. et al., 2022).

Die im Grüntee enthaltenen Alkaloide sind überwiegend als Purinalkaloide vorzufinden. Zu den Purinalkaloiden gehören Koffein, Theophyllin und Theobromin. Insgesamt weist grüner Tee einen Gesamtkoffeingehalt von etwa zwei bis fünf Prozent auf. Zudem sind die drei Stoffe für die erfrischende Wirkung zuständig. Auch der Gehalt der Aminosäuren ist entscheidend für die Qualität des Tees, wobei die Art der Aminosäure ausschlaggebend ist. Bislang wurden insgesamt 26 Aminosäuren im Tee nachgewiesen, bei denen es sich um zwanzig proteinogene und sechs nicht-proteinogene Aminosäuren handelt. Insgesamt machen diese ein bis vier Prozent der Zusammensetzung aus. Die höchsten Mengen machen dabei Theanin, Glutaminsäure, Serin und Asparaginsäure aus. Theanin erlangt dabei fünfzig Prozent des Gesamt-Aminosäuregehalts. Die Aminosäuren nehmen eine Schutzwirkung auf das Nervensystem ein. Der Großteil der im Tee enthaltenen Kohlenhydrate sind im Wasser unlösliche Polysaccharide wie Cellulose, Pektin und Stärke. In kleinen Mengen sind ebenfalls Mono- und Disaccharide wie Glucose, Fructose, Saccharose und Galactose enthalten. Diese verleihen dem Tee einen natürlichen leicht süßlichen Geschmack. Grüner Tee enthält überwiegend flüchtige Aromastoffe, die für den frischen, herben oder grasigen Geruch verantwortlich sind. Unter allen chemischen Bestandteilen, machen diese einen sehr geringen Anteil mit 0,005 bis 0,020 Prozent aus. Zu den flüchtigen Aromen gehören Essigsäure, Buttersäure und Hexansäure. Darüber hinaus enthält grüner Tee Aromen, die nicht flüchtig sind. Diese sind wasserlöslich und verleihen dem Tee ihren Geschmack. Bisher wurden etwa dreißig Aromakomponenten nachgewiesen. Anorganische Verbindungen werden als Asche bezeichnet. Dazu gehören überwiegend mineralische Elemente und deren Oxide. Die Teequalität wird von den Händlern beim Teeexport, vor dem Verkauf an die Konsumenten durch den Aschegehalt geprüft. Häufig kommen dabei die Mineralstoffe Phosphor und Kalium vor. Nachfolgend Calcium, Magnesium, Eisen, Schwefel und Aluminium. Ebenfalls vorzufinden sind Spurenelemente wie Zink, Kupfer und Fluor. (Li S. et al., 2022)

### 2.5.1 Polyphenole

Die im Tee enthaltenen sekundären Pflanzenstoffe sind ausschlaggebend für den Geschmack und eine gesundheitsförderliche Ernährung. Zu den sekundären Pflanzenstoffen gehören die sogenannten Polyphenole, die signifikant nachweislich einen Beitrag zur sensorischen und gesundheitsförderlichen Wirkung leisten. (Li S. et al., 2022)

Bei den im Tee vorkommenden Polyphenolen handelt es sich größtenteils um Flavonoide. Dazu zählen die Catechine, denen die gesundheitlichen Vorteile zugesprochen werden und überwiegend in grünem Tee vorzufinden sind. (Namita P., Mukesh R. und Vijay K. J., 2012) Es gehören ebenso Anthocyane und Phenolsäuren zu den Polyphenolen. Besonders in grünem Tee ist der Gehalt der

Polyphenole im Vergleich zu anderen Teesorten am höchsten und macht etwa zwanzig bis dreißig Prozent der Inhaltsstoffe aus. (Zhao T. et al., 2022)

Grüner Tee enthält eine Vielzahl an Flavonol-Glykosiden, die als Flavonoide bekannt sind. Hauptsächlich Myricetin-Glykoside und Behenylglykoside. Dabei handelt es sich um Zuckerketten, die aus Monosacchariden wie Glucosen, Galactosen, Rhamnosen und Arabinosen, aber auch Disacchariden und Trisacchariden zusammengesetzt sind. Anthocyane sind wasserlösliche Pigmente, die ebenfalls unter die Flavonoide fallen- Sie machen nur einen kleinen Anteil an der Zusammensetzung aus, sind jedoch entscheidend für die Teequalität, da sie durch ihren bitteren Geschmack Einfluss nehmen können. Zu den Phenolsäuren, die in grünem Tee enthalten sind, gehören Gallussäure, Chlorogensäure, Kaffeesäure, p-Cumarsäure, Ellagsäure, Chinasäure und Teegallat. (Zhao T. et al., 2022)

### 2.5.2 Catechine

Catechine sind auch als 3-Hydroxyflavane oder Flavan-3-ole bekannt und gehören wie in „2.5.1 Polyphenole“ beschrieben zu der Gruppe der Polyphenole. Zudem bilden sie farblose Kristalline und gehören zu den organischen Verbindungen. (Dränger B. et al., 2024)

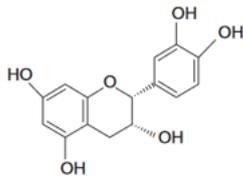
Catechine bestehen aus einem Kohlenstoffring, an dem zwei Phenolringe (aromatische Ringe) gebunden sind. Zudem werden sie in zwei Gruppen gegliedert. Es wird zwischen epistrukturierten (Epicatechinen) und nicht-epistrukturierten Catechinen unterschieden. Zu den Hauptcatechinen in grünem Tee gehören (-)-Epigallocatechin 3-gallat (EGCG), (-)-Epigallocatechin (EGC), (-)-Epicatechin 3-gallat (ECG) und (-)-Epicatechin (EC). Nicht epistrukturierte Catechine wie (-)-Gallocatechin (GC), (-)-Gallocatechin 3-gallat (GCG), (+)- Catechine (C) und (-)-Catechin 3-gallat (CG) hingegen sind nur in Spuren vorhanden. (Afzal O. et al., 2022) Insgesamt besteht die Gruppe aus den acht genannten phenolischen Catechinen. Unter den Polyphenolen gilt das EGCG als das bedeutendste Catechin im Grüntee, da es den Hauptgrund für die Bioaktivität darstellt. (Sharifi-Rad M. et al., 2020)

Der Gehalt der nennenswerten Catechine, in dem Fall der Epicatechine, variiert durch äußere Einflüsse wie dem Anbaugebiet, dem Alter der Blätter, der Jahreszeit und der Nährstoffversorgung der Pflanze. Trotz dessen sieht das Profil recht ähnlich aus. EGCG liegt mit zehn bis fünfzehn Prozent vorne, gefolgt von EGC mit sechs bis zehn Prozent, zwei bis drei Prozent ECG und zwei Prozent EC. (Afzal O. et al., 2022) Catechine befinden sich überwiegend in den Blättern des grünen Tees und machen dabei fünfundzwanzig bis fünfunddreißig Prozent des Trockengewichts aus (Sharifi-Rad M. et al., 2020).

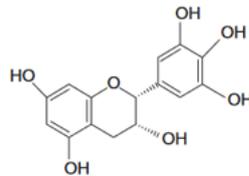
Sie verfügen über einen bitteren Geschmack, der sich je nach Catechin unterscheidet. ECG und EGCG haben einen bitter-adstringierenden Geschmack, während EC und EGC eher bitter-süßlich sind. (Afzal O. et al., 2022)

Außerdem haben sie die Eigenschaft sich an Proteine und Koffein zu binden. Dadurch bildet sich ein Niederschlag, der als Cremebildung bezeichnet wird. Zudem reagieren sie mit Enzymen in Form eines Ausfalls, da diese die Aktivität hemmen. Zu den Enzymen gehören beispielsweise Lipoxygenase, Pepsin und Trypsin. Dabei haben ECG und EGCG eine höhere Enzyminteraktion, da sie eine Esterbindung ( $R^1COOR^2$ ) aufweisen und somit Niederschläge bilden können. (Afzal O. et al., 2022) Die chemische Struktur wird in der Abbildung 4 deutlich.

#### Epicatechine:

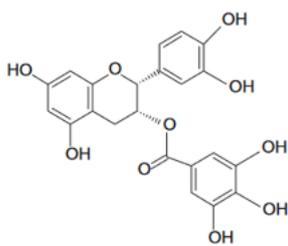


(-)-Epicatechin (EC)

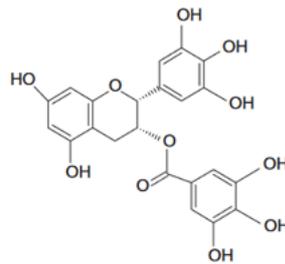


(-)- Epigallocatechin (EGC)

#### Epicatechingallate:



(-)-Epicatechin 3-gallat (ECG)



(-)- Epigallocatechin 3-gallat (EGCG)

Abbildung 4 Strukturformeln der Catechine; modifiziert nach: (Rimbach G., Nagursky J. und Erberdobler H. F., 2015, S. 300)

Catechine gelten als instabile Verbindungen und sind anfällig gegenüber sich ändernden Umweltbedingungen wie Sauerstoff, pH-Wert, Metallionen und weiteren Stressfaktoren (Cai Z. et al., 2018). Beispielsweise verfügen sie über eine starke Eisenbindungsfähigkeit, da die Galloyl-Gruppe an das Eisen aus der Nahrung bindet und somit die Wirkung der Catechine herabsetzt. Dadurch wird die Absorption gehemmt. Zudem sind sie gegenüber oxidierenden Enzymen, alkalischen Bedingungen und in Gegenwart von hoher Hitze instabil. Bei einer Temperatur von 40 °C und einem pH-Wert von 5,5 sind keine Reaktionen zu erwarten. Bei einer langanhaltenden Temperatur von über 95 °C können epistrukturierte Catechine zu nicht epistrukturierten epimerisieren und somit ihre positiven Eigenschaften verlieren. Die Stabilität nimmt außerdem mit steigendem pH-Wert von vier bis acht ab und ist ab acht instabil. (Afzal O. et al., 2022)

Die Tabelle 1 zeigt den Gehalt einzelner Catechine in einem Grünteeaufguss auf. Die Angaben sind in mg/100 ml angegeben.

Tabelle 1 Catechingehalt in mg/100 ml Grünteeaufguss (Bhagwat S., Haytowitz D. B. und Holden J. M. , 2011).

Catechin	Durchschnitt	Mindestgehalt	Maximalgehalt
(-)-Epicatechin	7,36	1,90	26,00
(-)-Epicatechin 3-gallat	16,39	1,69	139,60
(-)-Epigallocatechin	22,27	1,00	54,40
(-)-Epigallocatechin 3-gallat	64,15	2,31	203,20
(+)-Catechin	3,28	0,00	44,40

Die Bioverfügbarkeit von Catechinen wurde an gesunden und normalgewichtigen Erwachsenen untersucht. Daraus folgte das Ergebnis, dass bei der Aufnahme von 0,7-1,8  $\mu\text{M}$  (Mikromolar) Catechinen die maximale Plasmakonzentration nach ein bis drei Stunden erreicht wird. Zudem liegt die Halbwertszeit bei 2,5 bis 5,7 Stunden. Die Aufnahme der Catechine kann durch physiologische Beeinträchtigungen, wie Fettleibigkeit aufgrund von zum Beispiel entzündlichen Prozessen, die durch oxidativen Stress gefördert werden, zu Funktionsstörungen des Darms und somit der Aufnahme und der daraus resultierenden verringerten Bioverfügbarkeit einhergehen. Zudem ist die Bioverfügbarkeit von parenteralen Catechinen, also Catechinen, die durch Injektionswege verabreicht werden, die den Verdauungstrakt umgehen, geringwertiger, da weniger als ein Prozent der aufgenommenen Menge in den Blutkreislauf gerät. Außerdem lagern sich etwa siebzig Prozent der gesamten Catechine im Dünndarm an. Aus diesem Grund ist die orale Aufnahme in Form von beispielsweise eines Grünteeaufgusses wegen einer höheren Bioverfügbarkeit sinnvoller. (Sasaki G. Y. et al., 2022)

Unter dem Metabolismus wird die Aufnahme, der Transport und der Abbau von Stoffen verstanden. Diese Prozesse werden in der Abbildung 5 verdeutlicht. Die Catechine gelangen zunächst durch die orale Aufnahme des grünen Tees in den Magen und anschließend in den Dünndarm. Im Dünndarm beginnt die Spaltung. Die Catechine liegen in bioverfügbarer Form, aber auch als Metaboliten vor. Die gespaltenen Catechine können anschließend durch den Dickdarm aufgenommen werden und gelangen über die Pfortader in die Blutlaufbahn. Die Aufnahme beruht hauptsächlich auf passiver Diffusion. Im nächsten Schritt werden die Catechine in die Leber transportiert, in der Prozesse wie die Methylierung, Glucuronidierung und Sulfatierung ablaufen. Von dort aus gelangen die Metaboliten und bioverfügbaren Catechine durch die Blutlaufbahn in den systematischen Kreislauf und verteilen sich im gesamten Körper, um dort ihre weiteren biologischen Wirkungen zu entfalten. Über die Leber wird ein Teil der Catechine mit Hilfe des Gallensekrets erneut an den Dünndarm abgegeben, wodurch diese wiederholt aufgenommen oder fortlaufend metabolisiert werden können. Die endgültige Ausscheidung erfolgt über den Stuhl und den Urin. (Cai Z. et al., 2018)

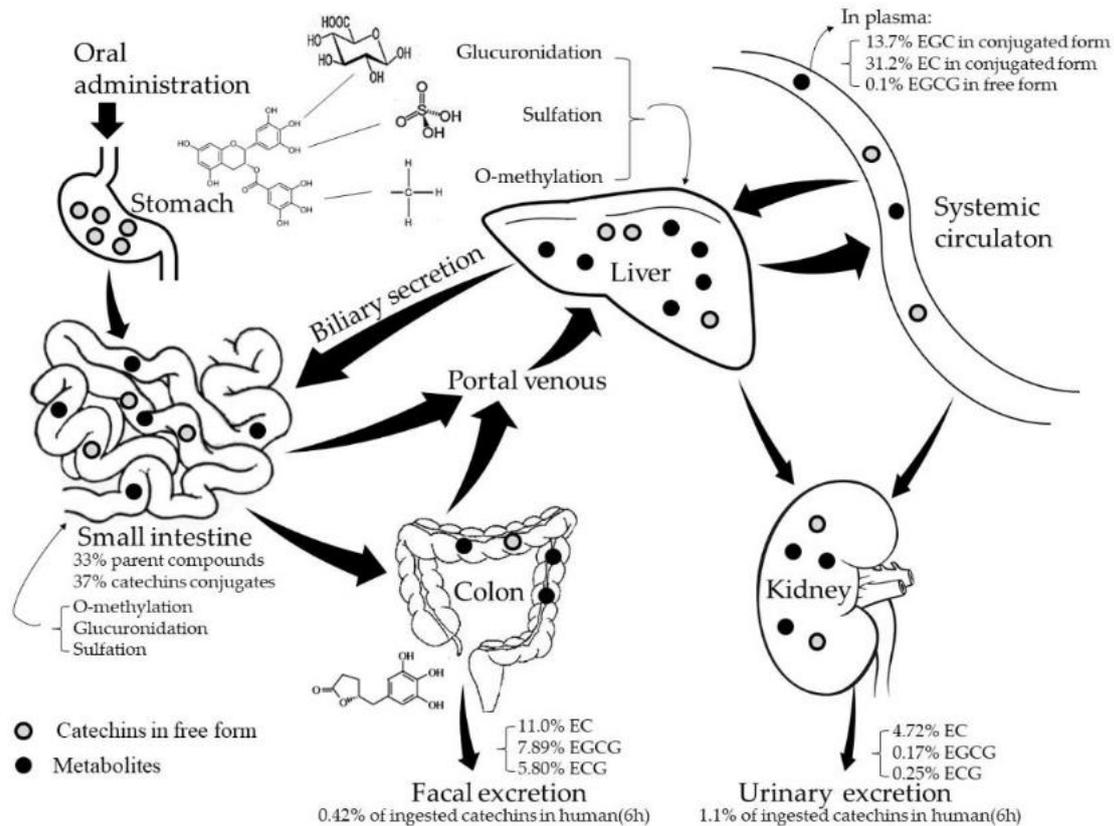


Abbildung 5 Schema des Metabolismus von Catechinen (Cai Z. et al., 2018)

### 3 Chemopräventive Wirkung von Grüntee

Aufgrund der voranschreitenden Alterung der Weltbevölkerung, der verlängerten Lebenserwartung und der sich stetig verändernden Umwelt, nimmt die Häufigkeit von Erkrankungen zu. Die reaktive Sauerstoffspezies (ROS) und oxidativer Stress sind mit dem Altern und damit einhergehenden Funktionsstörungen verbunden. Dazu gehören unter anderem neurodegenerative Erkrankungen wie Krebs und Herz-Kreislauf-Beschwerden. Aufgrund der antioxidativen Eigenschaften von Catechinen können diese eine präventive Funktion einnehmen. (Afzal O. et al., 2022), (Zhao T. et al., 2022)

Eine Tasse Grüntee kann bis zu 200 mg EGCG und insgesamt mindestens 250 mg Catechine enthalten. Es wird empfohlen drei bis fünf Tassen pro Tag zu trinken, um einen positiven Effekt zu erzielen. (Khan N. und Mukhar H., 2018). Die nachfolgenden Unterkapitel befassen sich mit der gesundheitlichen Wirkung von Catechinen im Bezug auf ihre antioxidativen, entzündungshemmenden, kardioprotektiven und krebspräventive Eigenschaften.

#### 3.1 Antioxidativer Effekt

Teecatechine weisen Di- oder Trihydroxylgruppen am B-Ring und Meta-5,7-Dihydroxylgruppen am A Ring auf. Dieser Aufbau zeichnet sich durch eine antioxidative Wirkung aus. Bei EGCG und ECG wird diese Wirkung aufgrund der Trihydroxylstruktur im D-Ring, dem Gallat, weiter erhöht. (Yang C. S., Lambert J. D. und Sang S., 2009) Kang K. W. et al. kam in seiner Arbeit ebenfalls (Evaluation

of the total oxy-radical scavenging capacity of catechins isolated from green tea, 2010) zu dem Ergebnis, dass ECG und EGCG die höchste antioxidative Wirkung zeigen. Anschließend gefolgt vom EC, C, GA und dem EGC. (Zhao T. et al., 2022) Catechine reagieren nachweislich auf reaktive Sauerstoffspezies wie Superoxidradikale, Singulett-Sauerstoff, Hydroxylradikale, Stickstoff, Peroxynitrit, Stickstoffdioxid und Peroxylradikale. Dabei zeigt EGCG die höchste Reaktion auf die meisten ROS. Der B-Ring steht im Mittelpunkt der Reaktion. Durch die polyphenolische Struktur der Catechine, also dem Vorhandensein der aromatischen Ringe, wird eine Delokalisierung der Elektronen an den Hydroxygruppen (-OH) möglich. Es kommt zu einer Erhöhung der chemischen Eigenschaften, die in dem Fall auf die Reaktivität zum Abfangen freier Radikale abzielt. (Yang C. S., Lambert J. D. und Sang S., 2009)

Des Weiteren wirken sie als Chelatbildner von Metallionen wie Kupfer und Eisen, was die antioxidative Wirkung verstärkt. Aufgrund der Hydroxygruppen sind sie in der Lage Chelatkomplexe zu bilden und die freien Radikale, die aufgrund von Metallionen gefördert werden, zu hemmen. (Musial C., Kurban-Jankowska A. und Gorska-Ponikowska M., 2020) Zudem wird durch die benachbarten Dihydroxy- und Trihydroxystrukturen die Entstehung von freien Radikalen verhindert. Zusätzlich soll der antioxidative Effekt mit steigender Temperatur des Grünteeaufgusses zunehmen. (Yang C. S., Lambert J. D. und Sang S., 2009)

### 3.2 Entzündungshemmende Eigenschaften

Eine Entzündungsreaktion ist ein Teil vieler Krankheiten. Eine Entzündung führt zu einer Produktion von Substanzen, die die Entstehung von ROS fördern. Zudem können diese die Zellstrukturen schädigen und zu Funktionsstörungen des menschlichen Körpers führen. Darüber hinaus wird eine entzündungsfördernde Signalfunktion begünstigt. Die Aufgabe entzündungshemmender und antioxidativer Substanzen besteht in der Hemmung dieser Signalübertragung, indem sie vorhandene ROS vernichten und neuen vorbeugen. Gleichzeitig soll eine Freisetzung von proinflammatorischen Zytokinen verhindert und eine Immunzellaggregation an Entzündungsherden gefördert werden. (Chu C. et al., 2018)

EGCG ist bekannt dafür, NO, Peroxynitrit und ROS abzufangen und somit die Produktion der Entzündungsfaktoren zu minimieren. Ferner wird über einen positiven Zusammenhang von EGCG mit entzündlichen Atemwegserkrankungen berichtet. Das proinflammatorische Zytokin Interleukin-8 (IL-8) kann den Impuls einer Freisetzung der ROS fördern. EGCG kann die Produktion von Epithelzellen der Atemwege durch IL-8 hemmen und somit den Verlauf einer schweren entzündlichen Reaktion mindern. Zudem nimmt das EGCG einen entscheidenden Faktor in der Genexpression und -transkription entzündungsfördernder Gene ein. (Chu C. et al., 2018)

### 3.3 Kardiovaskuläre Eigenschaften

Das Altern stellt eines der Hauptfaktoren von Herz-Kreislauf-Erkrankungen dar, da die Häufigkeit und Schwere kardiovaskulärer Erkrankungen mit zunehmendem Alter steigt. Zurzeit ist weltweit die häufigste Todesursache die Erkrankung an einer Herz-Kreislaufkrankheit. Mit Zunahme der alternenden Gesellschaft, werden altersbedingte Krankheiten weiterhin voranschreiten. Aus diesem Grund steigt das Interesse an der Forschung neuer Möglichkeiten zur Vorbeugung. Dabei ist der Tee mit seinen gesundheitsförderlichen Polyphenolen, wozu die Catechine zählen, in den Vordergrund geraten. Die Teepolyphenole sollen aufgrund ihrer antioxidativen-, entzündungshemmenden- und Anti-Aging-Eigenschaften, einen Einfluss auf die Hemmung von kardiovaskulären Krankheiten (CVD) haben. (Guo J. et al., 2023)

Bei CVD handelt es sich um komplexe Erkrankungen, die durch genetische und umweltbedingte Faktoren auftreten. Arteriosklerose stellt eine besondere gesundheitliche Bedrohung dar, da oftmals hauptsächlich die versorgenden großen und mittlere Arterien betroffen sind. Dabei handelt es sich um Läsionen, die aufgrund von Lipidakkumulation, fibröser Gewebeproliferation und Kalkablagerungen, sowie Veränderungen der Gefäßwände einhergehen. Zudem entwickeln Kardiomyozyten mit zunehmendem Alter physiologische Veränderungen in ihrer Struktur und Funktion, die zu Hypertonie, Fibrose und Apoptose führen können. Außerdem kommt es zu Veränderungen an den Endothelzellen, den glatten Muskelzellen und der extrazellulären Matrix. Dies kann sich in Form von arteriellem Bluthochdruck, Gefäßsklerose sowie einer Abnahme der Anzahl von Kapillaren äußern, was eine Ischämie und Schäden durch oxidativen Stress und Nekrosen zur Folge haben kann. (Guo J. et al., 2023)

Oxidativer Stress hat einen Einfluss auf die Progression von Herzkreislauf-Erkrankungen wie Arteriosklerose, Bluthochdruck, ischämische Herzkreislauferkrankungen und Herzinsuffizienz. Trotzdem sind die Ursachen vielseitig und umfassen einschließlich Fettstoffwechsel- und Gefäßstörungen. (Bernatoniene J. und Kopustinskiene D. M., 2018) Des Weiteren gehören entzündliche Prozesse bei der Pathogenese von kardiovaskulären Erkrankungen zu den entscheidenden Faktoren. Dabei sollen Zusammenhänge zwischen Entzündungsmarkern wie dem C-reaktiven Protein (CRP), dem Fibrinogen und den proinflammatorischen Zytokinen, sowie der Entstehung einer koronaren Herzerkrankung (KHK) bestehen. (Kaptoge S. et al., 2010)

Das CRP wird in der Leber gebildet und gehört zu den Plasmaproteinen. Dies kann ähnlich wie das Cholesterin in seinen Konzentrationen im Blut schwanken. Das CRP bindet an das Low-Density Lipoprotein und ist Bestandteil der arteriosklerotischen Plaque, was zu koronaren Herzkrankheiten, wie der Arteriosklerose führen kann. (Kaptoge S. et al., 2010)

Zu den Risikofaktoren einer CVD gehören Bluthochdruck, abnormalen Glukosestoffwechsel, Dyslipidämie und ein ungesunder Lebensstil mit regelmäßigem Alkohol und Tabakkonsum. (Guo J. et al., 2023)

Bluthochdruck gehört zu den chronischen Herz-Kreislauf-Erkrankungen, die zu einer Verschlechterung der Morbidität und Mortalität schwerer kardiovaskulären Erkrankungen führen können. Es wurde bewiesen, dass eine Senkung des systolischen Blutdrucks von 10 mmHg dieses Risiko verringern kann. Ein abnormaler Glukosestoffwechsel, wie zum Beispiel bei einer Hyperglykämie, kann zu oxidativem Stress, vaskulären Schäden und Endothelschäden führen. Zudem ruft dies Entzündungsreaktionen durch das CRP hervor, die sich auf die Blutgefäße und das Herz auswirken können. Unter einer Dyslipidämie wird eine Stoffwechselstörung verstanden, bei der die Blutfettwerte in ihren Konzentrationen verschoben sind. Darunter das Cholesterin, wozu das Low-Density Lipoprotein (LDL) und das High-Density Lipoprotein (HDL) gehören. Diese stehen mit dem Triglycerin im Zusammenhang mit der Entstehung von Arteriosklerose. Die Senkung des LDL-Cholesterin-Wertes um 1 mmol/l soll das Risiko einer kardiovaskulären Erkrankung bereits um bis zu vierundzwanzig Prozent senken. (Guo J. et al., 2023)

Herz-Kreislauf-Erkrankungen können durch zwei Methoden behandelt werden. Dazu gehören medikamentöse- konservative und chirurgische Behandlungsmöglichkeiten. Unabhängig von der Wahl der Behandlung, ist es ratsam eine Verbesserung des Lebensstils vorzunehmen. Dazu gehören die Ernährung, Einbau von körperlichen Aktivitäten, sowie die Kontrolle von Gewicht, Blutdruck, Blutzucker und des Cholesterins. Aber auch eine Reduzierung des Rauchens und des Alkoholkonsums. (Guo J. et al., 2023) Laut der Deutschen Gesellschaft für Ernährung, muss eine ausreichende Menge am Tag getrunken werden, um den Körper am Leben zu halten. Zu den gesunden Getränken zählt ungesüßter Tee, worunter auch der Grüntee fällt. (Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V., 2023) Der regelmäßige Konsum von Tee kann das Risiko einer Erkrankung mindern, aber nachweislich nicht heilen (Guo J. et al., 2023) Da Prozesse im Körper bei einer ausreichenden Trinkmenge besser ablaufen können und es sich um ein gesundes, ungesüßtes und natürliches Getränk handelt, kann daraus geschlussfolgert werden, dass der Teekonsum einen Beitrag zur Verbesserung des Lebensstils leisten kann.

Durch den Konsum von grünem Tee wird die Konzentration des LDL-Cholesterins gesenkt, was auf die entzündungshemmenden Eigenschaften der im Tee enthaltenen Catechine zurückzuführen ist. (Guo J. et al., 2023)

Der aktuelle Forschungsstand zeigt, dass es bereits positive Zusammenhänge zwischen dem Teekonsum und Herz-Kreislauf-Erkrankungen gibt. Zwei epidemiologische Studien (ATTICA und MEDiterranean Island (MEDIS)) stellten einen positiven Zusammenhang zwischen dem Konsum von grünem Tee und damit den darin enthaltenen Catechinen und der Wahrscheinlichkeit des Auftretens von

Bluthochdruck bei Erwachsenen ab 50 Jahren dar. Eine klinische Studie (Tea Consumption and Longitudinal Change in High-Density Lipoprotein Cholesterol Concentration in Chinese Adults von Huang S. et al.) über die Teetrinkgewohnheiten und das HDL bei chinesischen Erwachsenen hat festgestellt, dass die HDL-Konzentration im Serum bei regelmäßigen Teetrinkern langsamer abnahm als bei Nicht-Teetrinkern. Somit gibt es einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Teekonsum und des HDLs, welches dabei hilft, den Cholesterinspiegel durch den Abbau in der Leber zu senken. (Guo J. et al., 2023)

In vivo und in vitro Experimente haben gezeigt, dass Catechine die Proliferation und Migration von glatten Gefäßmuskelzellen hemmen und somit der Arteriosklerose vorbeugen. Dabei zeigten sich EGC, ECG und EGCG als besonders effektiv. Eine klinische Studie aus Japan von Kishimoto Y. et al. (Associations between green tea consumption and coffee consumption and the prevalence of coronary artery disease) zeigt, dass Personen, die mehr als drei Tassen Tee am Tag tranken, eine geringere Prävalenz einer KHK aufwiesen als die, die weniger als eine Tasse pro Tag konsumierten. Daraus lässt sich schließen, dass grüner Tee dazu beiträgt die Arteriosklerose zu verbessern oder vorzubeugen. Zudem sollen Catechine eine antithrombotische Wirkung aufgrund einer Hemmung der Blutplättchenaggregation haben. (Guo J. et al., 2023)

### 3.4 Krebspräventive Eigenschaften

Etwa fünfunddreißig Prozent aller Tumorerkrankungen entstehen aufgrund von falschen Ernährungsgewohnheiten. Insbesondere durch einen hohen Konsum von tierischen Fetten, einer zu hohen Kalorienzufuhr und dem Konsum von Alkohol. Demnach kann die Ernährung ein Risiko für die Entstehung von Krebs darstellen. Genauso kann diese aber auch zur Prävention dienen, indem auf eine gesunde Ernährungsweise mit richtigen Inhaltsstoffen geachtet wird. (Bertram B., 2000, S. 1)

In zahlreichen Tierversuchen wurde das EGCG mit Erfolg auf seine hemmende Eigenschaft bei experimentell ausgelösten Tumoren untersucht. Im Jahr 1986 wurde in Japan durch eine begonnene Studie nachgewiesen, dass der Konsum von zehn Tassen Tee am Tag das Risiko für eine Krebserkrankung gesenkt hat. Das Aufkommen von Tumoren war um drei bis sechs Jahre hinausgezögert worden. Daraus ergab sich das Ergebnis einer um bis zu viereinhalb Jahre lebensverlängernden Wirkung. (Bertram B., 2000, S. 2)

Ein wichtiger Mechanismus für Zellen ist die Signalübertragung. Diese stellt einen lebenswichtigen Vorgang dar, da dadurch der Stoffwechsel, das Wachstum und die Teilung vollstatten geht. EGCG kann die Signalübertragung des Enzyms Proteinkinase C hemmen. Zudem wurde an einer Darmkrebszelle beobachtet, dass der Transkriptionsfaktor NF- $\kappa$ B und der Tumornekrosefaktor TNF- $\alpha$  gehemmt werden können. (Bertram B., 2000, S. 4)

Des Weiteren wird das Fortlaufende Teilen der Krebszellen durch die Hemmung von Enzymen, die für die Zellteilungsprozesse zuständig sind, beobachtet. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass die Telomerase bis zu achtzig Prozent gehemmt werden kann. (Bertram B., 2000, S. 4)

Bei Krebszellen funktionieren die Apoptose und das Gen p53 nicht mehr. Die Apoptose ist für das Absterben von Zellen zuständig und trägt somit zu einem Gleichgewicht eines lebenden Systems bei. Gen p53 ist für die Unterdrückung der Entstehung von Krebszellen aus gesunden Zellen zuständig. EGCG soll in der Lage sein beides wiederherzustellen. (Bertram B., 2000, S. 5)

Catechine können nachweislich die Karzinogenese und somit das Wachstum von Tumoren, sowie die Invasion von Krebszellen hemmen. Sie unterdrücken Proangiogenesefaktoren. Die krebshemmende Wirkung soll auf der antioxidativen Wirkung der Catechine und der direkten Bindung der Polyphenole an Proteine basieren. Zudem wird angenommen, dass die Apoptose einen wichtigen Faktor bei der Eliminierung von Krebszellen und deren Vorstufen darstellt. Es trägt besonders EGCG zur induzierten Apoptose und einem Zellzyklusstillstand bei. (Bernatoniene J. und Kopustinskiene D. M., 2018) Es ist im Stande intrinsische (mitochondriale) und extrinsische (rezeptorvermittelte) Apoptose auszulösen. Wichtig ist, dass diese ausgelöst wird, ohne gesunde Zellen zu schädigen. Demnach wirkt sich EGCG positiv auf sich verändernden Zellen aus. (Bertram B., 2000, S. 5)

Ebenfalls kann EGCG die kranken Zellen vor einer Neubildung bewahren, indem die Ausschüttung anregender Stoffe gestoppt wird. Die kranken Zellen werden somit nicht mehr mit Blut und Nährstoffen versorgt. Dies wird als Angiogenese bezeichnet. (Bertram B., 2000, S. 5)

Die Eigenschaft Krebs zu hemmen, wurde an Krebsstammzellen untersucht. Aus in vivo und in vitro Studien geht hervor, dass Krebsstammzellen für die Krebserneuerung und Metastasierung verantwortlich sind. Diese Stammzellen können sich somit vermehren und selbst erneuern. Im Vergleich zu normalen Krebszellen, haben Krebsstammzellen eine höhere Fähigkeit zur Karzinogenese. (Musial C., Kurban-Jankowska A. und Gorska-Ponikowska M., 2020)

Eine Studie von Jian W. et al. zeigt, dass EGCG die Apoptose von Tumorzellen von HepG2-Zellen der menschlichen Leber und der PC12-Zellen des Nebennierenmarks von Ratten induzierte. Gleichzeitig reduzierte EGCG die Anzahl der Kolonien, die aus HepG2- und PC12-Zellen gebildet wurden. (Jian W. et al., 2019). Zudem wurden Zusammenhänge mit dem EGCG und der Zellproliferation und dem Zellzyklus bei unterschiedlichen Krebsarten wie dem Brustkrebs, Dickdarmkrebs und Hautkrebs festgestellt (Sharifi-Rad M. et al., 2020).

### 3.5 Sicherheit von Catechinen

Das Gremium für Lebensmittelzusatzstoffe und Lebensmitteln zugesetzten Nährstoffen der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) hat eine wissenschaftliche Bewertung zur Sicherheit des Konsums von Grüntee catechinen durchgeführt. Das Gremium hat den Zusammenhang von

EGCG und der Hepatotoxizität untersucht, nachdem gemeldete Fälle von Leberschäden, die möglicherweise mit der Einnahme von Catechinen aus Grüntee, aufkamen. Dabei ist das Gremium nach der Verordnung (EG) Nr. 1925/2006 Artikel 8 Absatz 2 vorgegangen. (EFSA-Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS) et al., 2018)

Insgesamt wurde ein kausaler Zusammenhang zwischen der Exposition von EGCG über eine Verabreichung von Grünteeextrakt und Veränderungen an der Leber festgestellt. In Tierversuchen wurde bewiesen, dass die Leber bei einer zu hohen Dosierung des Extraktes in Form von Supplementen geschädigt wird. Hier waren die Werte der Transaminasen leicht erhöht. Anders war es bei Grünteeaufgüssen. Hier wurde kein erhöhter Blutwert (ALT-Wert) bei einer Aufnahme von über fünf Tassen pro Tag mit etwa 700 mg EGCG festgestellt. (EFSA-Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS) et al., 2018)

Zudem wurden Fallberichte zur Hepatotoxizität ausgewertet. Das Gremium kam zu dem Entschluss, dass 16 von 22 Fällen im Zusammenhang mit Grünteesupplementen standen. Es soll schwer darüber zu urteilen sein, welche Mindestdosis zu solchen Schäden führen kann, da die Fälle von mehr als drei Tassen Grüntee bis hin zu einer Supplementierung von 1.800 mg/Tag reichen. Dennoch wird davon ausgegangen, dass viele der Berichte auf seltene idiosynkratisch arzneimittelinduzierte Reaktionen zurückzuführen sind. (EFSA-Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS) et al., 2018)

Schlussfolgernd werden Catechine in Form von Nahrungsergänzungsmittel in hohen Dosen, als nicht sicher angesehen, da diese konzentrierter als Grünteeaufgüsse sind. Die Supplementierung von Dosen über 800 mg/Tag wird nicht empfohlen, da hier bereits erste Anzeichen von Leberschäden beobachtet wurden. Für Grünteeaufgüsse gibt es bisher keine Grenze, da selbst bei einem hohem Konsum kein nachweislicher Zusammenhang mit der Hepatotoxizität besteht. Daher wird der Konsum von Grünteeaufgüssen als sicher angesehen. Bei den vereinzelt Fällen wird von einer seltenen übersensiblen Reaktion ausgegangen. (EFSA-Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS) et al., 2018)

## 4 Bestimmung von Catechinen im japanischen Grüntee

Im Folgenden wird der Catechingehalt im japanischen Grüntee mittels der Hochleistungs-Flüssigchromatographie bestimmt, um anschließend einen Bezug zur gesundheitlichen Wirkung herzustellen. Die Analyse wird nach der DIN ISO 14502-2 durchgeführt. Es werden drei verschiedene Sorten bei unterschiedlichen Temperaturen und Ziehzeiten der Tees untersucht und miteinander verglichen. Bei den drei Teesorten handelt es sich um Bancha, Sakura Kukicha und Mushisei Tamaryokucha.

## 4.1 Die zu untersuchenden Teesorten

Eine aus Japan stammende Grünteeart ist der Bancha, der dort als Alltagstee getrunken wird. Optisch weist er große und zusammengerollte Blätter auf. Der Bancha nimmt nach dem Sencha den zweitgrößten Anteil des Marktes ein. Während der Edo-Zeit (17. bis 19. Jahrhundert) war der Bancha an der Spitze der meistgetrunkenen Tees in Japan. Erst im Laufe der Verfeinerung der Produktionsverfahren, sind weitere beliebte Sorten aufgekommen. Die Zusammensetzung des Namens entspricht zwei Theorien. Der Teil „Ban“ weist im japanischen zwei Bedeutungen auf. Zum einen kann es „gewöhnlich“ und zum anderen „spät“ meinen. „Cha“ bedeutet Tee. Somit könnte Bancha der späte oder gewöhnliche Tee bedeuten. Es treffen beide Varianten zu, da er als Alltagstee angesehen wird und zu einem späteren Zeitpunkt als der Sencha geerntet wird. (Luft V., o.J.)

Angebaut wird der Bancha überwiegend sonnengeschützt. Der Großteil der Produktion erfolgt in Shizuoka am Fuß des Fuji. Aber auch in Kagoshima und Kyoto. Der Bancha wird aus den gleichen Teesträuchern wie der Sencha gewonnen. Die Ernte des Senchas erfolgt im Frühling zwischen April und Mai. (Luft V., o.J.) Demnach findet die Ernte des Banchas daraufhin zwischen Juni und Oktober statt. Die erste Ernte, die im Juni erfolgt wird als „Nibancha“ bezeichnet und beinhaltet überwiegend junge Teeblätter und Knospen. Die Ernte im August hingegen wird als „Sanbancha“ bezeichnet. In seltenen Fällen erfolgt eine weitere Ernte im Oktober, die den Namen „Yonbancha“ trägt. Die Blätter der späten Ernte sind gröber und größer. Aufgrund der Jahreszeit entwickelt der Bancha einen abweichenden Geschmack zum Sencha. Geschmacklich weisen der „San-“ und „Yonbancha“ einen milderen und ruhigeren Geschmack auf als die frischen, edleren und nuancenreicheren jungen Blätter der frühen Ernte. Insgesamt zeichnet sich die Teesorte durch einen leicht grasigen und milden Geschmack aus und eignet sich insbesondere für Einsteiger und Dauergenießer des Grüntees. (EdelTee GbR., o.J.)

Der Bancha weist in Japan zwanzig verschiedene Qualitätsstufen auf. Geringe Qualitäten bestehen aus Mischungen (Blends), die aus unterschiedlichen Ernten und Regionen stammen. Diese bestehen meistens aus einem hohen Stängel-Anteil und weisen eine blasse und trockene Farbe auf. Geschmacklich sind sie oft wässrig, metallisch und leicht säuerlich. Mittlere Qualitäten stammen ebenfalls aus verschiedenen Ernten, weisen aber durch günstigere klimatische Bedingungen und eines geringeren Stängelanteils, feinerer Blätter und einer dunkleren Farbe eine höhere Qualität auf. Diese zeichnen sich durch einen leicht süßen und mineralisierten Geschmack aus. Hohe Qualitäten lassen sich durch Knospen, feine Teeblätter und eine kräftige dunkelgrüne Farbe erkennen. (Luft V., o.J.) Im Vergleich zu anderen Sorten liegt der Koffeingehalt mit 1,6 Prozent im geringen Bereich, wodurch der Tee problemlos zu jeder Tageszeit und von Kindern ohne Bedenken konsumiert werden kann. Eine Besonderheit liegt in der Ergiebigkeit. Der Bancha kann bis zu dreimal aufgegossen werden, ohne Geschmack zu verlieren. Zudem reichen bereits elf Gramm, um einen ganzen Liter Tee aufzugießen. (EdelTee GbR., o.J.)

Der Kukicha wird als Stängeltee bezeichnet, da er entweder aus reinen Stängeln oder aus einer Mischung aus Stängeln und Blättern der Teepflanze besteht. Der Name Kukicha kommt vom Wort „Kuki“, was für Blattstiel steht. Daraus resultiert der Name Stängel- oder Zweigtee. In den Regionen Kyoto und Mie wird hochwertiger Kukicha als „Karigane“ bezeichnet. In Miyazaki und Kagoshima wird unter der Bezeichnung „Karigane“ gröberer Kukicha der ersten Ernte verstanden. „Shiaore“ hingegen ist der Begriff für feinere Sorten des Kukichas. (Lehner F., 2024)

Die Stängel unterscheiden sich in der chemischen Zusammensetzung vom Teeblatt. Diese enthalten im Vergleich zum Blatt nur etwa ein Drittel des Koffeingehalts und haben eine ausgeprägt Mineralität. Der Grund liegt in der Versorgungsfunktion der Stängel. Diese dienen als Mineralstoff-Liefer-system für die Blätter. (Nio Teas GmbH., 2022) Geschmacklich überzeugt der Tee durch seine milde Note. Dies liegt daran, dass die Bitterkeit aufgrund der fehlenden Teeblätter wegbleibt. Insgesamt hängt der Geschmack von dem Erntezeitpunkt ab. Junge und frische Blattstiele geben dem Aufguss einen frischen Geschmack und eine leuchtende grüne Farbe, wohingegen ältere Stiele für ein holzigeres Aroma sorgen. (Lehner F., 2024)

Die Geschichte des Kukichas basiert auf der Vermeidung der Verschwendung von Ressourcen. In der Vergangenheit galt Tee als teures Luxusgut. Aus den Blättern der Teepflanze wurden Senchas in Premiumqualität hergestellt. Die Stängel wurden bei der Produktion entsorgt, bis Bauern, die sich den Blatttee nicht leisten konnten, angefangen haben die Stängel aufzugießen. Schnell wurde festgestellt, dass der Aufguss tatsächlich gut schmeckte. Daraufhin wurde der Stängeltee zu seiner eigenen japanischen Teesorte, die nun als Kukicha verkauft wird. (Nio Teas GmbH., 2022)

Früher wurden die Stiele per Hand von den Blättern getrennt. Heute geschieht es hauptsächlich maschinell. Je nach Größe und Gewicht werden die Blatt-Stiel-Verhältnisse in unterschiedliche Stieltees geteilt. (Lehner F., 2024)

In dieser Untersuchung wird der japanische Sakura Kukicha untersucht. Hier sind rosa Sakura-Kirschblüten beigemischt. Diese verleihen dem Grünteeaufguss eine blumige und frische Note. Die Sakurablüten sind Bestandteil der Frühlingszeit und der Höhepunkt des japanischen Kalenders. Die Blüten haben eine emotionale und symbolische Bedeutung, jedoch keinen physischen Einfluss auf den Körper. Demnach dient die Blüte im Tee nur für den blumigen Geschmack und die Optik. (AVANTCHA Switzerland GmbH., o.J.)

Bei dem letzten zu untersuchenden Tee handelt es sich um den Mushisei Tamaryokucha. In Regionen außerhalb Japans ist der Tamaryokucha beinahe unbekannt. Dieser wird hauptsächlich auf der süd-japanischen Insel Kyushu getrunken. Der Mushisei Tamaryokucha ist ein Sencha. (Yunomi.Life, o.J.) Die Blätter können entweder gedämpft oder in der Pfanne geröstet werden. Die gedämpfte Variante wird als „Mushisei“ und die geröstete als „Kamairi“ bezeichnet. Eine andere Bezeichnung für den Mushisei ist „Mushiguri“ oder „Guricha“, was lockiger, gedämpfter Tee bedeutet. (Curious Tea Ltd.,

o.J.) Die gedämpfte Form entspricht dabei der klassischen Form der Zubereitung von japanischem Grüntee (siehe 2.2 Verarbeitungsschritte).

Zu der Zeit zwischen 1912-1926 wurde Tamaryokucha vermehrt produziert, da die Nachfrage aus der Sowjetunion nach Tee aus anderen Regionen als China stieg. Da aber eine Vorliebe für den chinesischen Tee bestand, musste Japan sich an das Aussehen und den Geschmack anpassen, wodurch die Teesorte an Bekanntheit gewann. Inzwischen wird der Tamaryokucha nicht mehr im großen Ausmaß exportiert, was die Sorte zu einer japanischen Grünteespezialität macht. (Curious Tea Ltd., o.J.) Etwa fünfzehn Tage vor der Ernte werden die Plantagen des Tamaryokucha durch Abschirmen der Sonnenstrahlen beschattet, um einen frischen Geschmack zu erlangen. Die Beschattung führt zu einer Produktion von Aminosäuren, wie zum Beispiel L-Theanin, das zur Entspannung und dem damit verbundenen Wohlbefinden sorgt.

Der Aufguss setzt einen Duft von Spinat und Pistazien frei und färbt das Wasser in einem leuchten Grün-Gelb. Geschmacklich weist der Tee eine nussig-buttrige Note auf und erinnert an Walnüsse und Avocado, sowie an frischen grünen Apfel im Abgang. (TERZA LUNA-TE, o.J.)

Der Mushisei Tamaryokucha hat reine, dunkle und gekräuselte Blätter. Der Unterschied zu den anderen Teesorten wird in der Abbildung 6 deutlich.



Abbildung 6 Teesorten; Links: Bancha; Mitte: Sakura Kukicha; Rechts: Mushisei Tamaryokucha

Bei allen verwendeten Teesorten der Untersuchung werden „Blends“ verwendet. Dabei handelt es sich, wie unter „2.2 Verarbeitungsschritte“ erklärt, um Mischungen, die eine gleichbleibende Qualität versprechen.

## 4.2 Methode der DIN ISO 14502-2

Es wird die DIN ISO 14502-2 mit dem Titel „Bestimmung von charakteristischen Substanzen von grünem und schwarzem Tee-Teil 2: Gehalt an Catechinen in grünem Tee- Verfahren mit Hochleistungs-Flüssigchromatographie“ angewendet. Diese wurde im Jahr 2007 vom Deutschen Institut für Normung e.V. veröffentlicht und ist ebenfalls unter §64 „Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren; Bekanntmachungen“ (ASU) des Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuches (LFGB) zu finden. (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2024).

In dieser Norm geht es um die Bestimmung des Gesamt-Catechingehalts von Tee durch die Hochleistungs-Flüssigchromatographie (HPLC). Das Verfahren kann für grünen Blatt-Tee aber auch löslichen Grüntee verwendet werden. (Deutsches Institut für Normung e. V., 2007, S. 5) In dieser Untersuchung wird grüner Blatt-Tee (Blends) in Form von Teeaufgüssen untersucht.

Mit der Methode werden Catechingehalte bestimmt. Dafür wird eine Lösung der ausgewählten japanischen Tees hergestellt. Um den Gehalt zu bestimmen, werden die einzelnen Catechine getrennt. Dies geschieht durch eine HPLC-Säule mit phenylgebundener Phase (die stationäre Phase). Diese Catechine werden dann mit einer Gradientenelution getrennt und durch eine UV-Detektion bei 278 nm ermittelt. Zudem wird eine quantitative Bestimmung durch einen externen Standard durchgeführt. (Deutsches Institut für Normung e. V., 2007, S. 5) Bei diesem Standard handelt es sich um einen Catechin-Mix, der (+)-Catechin, (-)-Catechin 3-gallat, (-)-Epicatechin, (-)-Epicatechin 3-gallat, (-)-Epigallocatechin 3-gallat, (-)-Gallocatechin und (-)-Gallocatechin-3-gallat enthält (Merck KGaA, o.J.). In dieser Arbeit liegt der Fokus aufgrund des Umfangs auf dem EGCG, EC und ECG.

In der Analyse werden drei japanische Grünteesorten mit Hilfe dieser Methode untersucht. Dabei handelt es sich um Bancha, Sakura Kukicha und Mushisei Tamaryokucha. Um Unterschiede und Vergleichswerte zu erhalten, werden alle Sorten mit je drei unterschiedlichen Brühzeiten und Brühtemperaturen zubereitet. Es werden jeweils drei, fünf und acht Minuten sowie 70, 85 und 100 °C untersucht. Demnach werden Catechine aus insgesamt 27 Teeproben extrahiert. Das Ziel liegt in dem Vergleich der Catechingehalte zwischen den unterschiedlichen Temperaturen und Ziehzeiten, aber auch der Interpretation dieser Ergebnisse.

### 4.2.1 Hochleistungs-Flüssigchromatographie

Die Methode der Hochleistungs-Flüssigchromatographie gehört zur Gruppe der chromatographischen Trennprozesse. Dabei läuft die zu untersuchende Probe zwischen zwei Phasen hindurch. Bei diesen zwei Phasen handelt es sich um die mobile und stationäre Phase. Die mobile Phase wird als strömende Hilfsphase bezeichnet. Diese wird bei der HPLC in flüssiger Form eingesetzt. Demnach gehört die Methode zur Kategorie der Flüssigchromatographie. Die stationäre Phase wird als ruhende Hilfsphase bezeichnet und dient zur Adsorption. (Meyer V. R., 2004, S. 15) Diese setzt sich aus

Feststoffen oder nicht mit der mobilen Phase mischbaren Flüssigkeiten zusammen (Matissek R., Fischer M. und Steiner G., 2018, S. 86).

Die HPLC ist ein Verfahren, bei dem eine hochauflösende Auftrennung in einem weiten Areal von Substanzklassen in kürzester Zeit erfolgt. Dies kann zwischen wenigen Minuten bis eine Stunde liegen. Anders als bei der Gaschromatographie, ist es möglich mit Hilfe der HPLC, Stoffe und Stoffklassen zu trennen, die thermisch instabil oder schwerflüchtig sind. (Matissek R., Fischer M. und Steiner G., 2018, S. 86)

Die Ergebnisse der HPLC lassen sich qualitativ und quantitativ auswerten. Die eluierten Substanzen werden als Gaußkurven, auch Glockenkurven genannt, registriert. Diese Ergebnisse werden in Form von Signalen übermittelt, die als Peaks bezeichnet werden. (Meyer V. R., 2004, S. 22)

Die qualitative Auswertung erfolgt über die Retentionszeit. Die Retentionszeit ist bei einer Komponente unter denselben chromatographischen Bedingungen stets gleich groß. Zu den chromatographischen Bedingungen gehören die Trennsäule, die Fließgeschwindigkeit, die Zusammensetzung der mobilen Phase, sowie die Probengröße und Temperatur. Die Retentionszeit gibt die Zeit an, die vom Einspritzen des Probenmaterials, bis zum Auftreten des Signalmaximums, vergeht, also dem Maximum des Peaks. Daher wird bei einer qualitativen Auswertung die Retentionszeit verglichen. Somit wird eine Zuordnung der Substanzen anhand der bei den entsprechenden Retentionszeiten einhergehenden Peaks möglich. (Meyer V. R., 2004, S. 22)

Bei einer quantitativen Auswertung sind die Fläche und die Höhe des Peaks entscheidend. Diese verhalten sich proportional zueinander. Aus der Fläche verschiedener zu untersuchenden Lösungen lassen sich genaue Konzentrationen berechnen. Dafür müssen Lösungen mit einer bekannten Konzentration untersucht werden. Aus diesen werden die Flächen und Höhen bestimmt. Diese Lösungen werden als Kalibrierlösungen bezeichnet. Aus ihnen lassen sich Kalibriergeraden bestimmen. Anhand der daraus gewonnenen Funktionsgleichungen, die umgestellt werden können, lassen sich die Konzentrationen aus den Peaks unbekannter Proben berechnen. (Meyer V. R., 2004, S. 22)

Die mobile Phase wird nach den chromatographischen Eigenschaften ausgewählt. Diese soll in Wechselwirkung mit der stationären Phase, die Probe optimal und schnellstmöglich trennen. Kriterien bei der Auswahl liegen beispielsweise bei der Viskosität, der UV-Durchlässigkeit, der Reinheit und Korrosionsbeständigkeit. Nach der richtigen Auswahl der geeigneten mobilen Phase, muss diese hergestellt werden. Hier ist darauf zu achten, dass die Lösungsmittel und Reagenzien für die HPLC geeignet sind. Auch das Wasser muss die entsprechende Reinheit aufweisen, da so garantiert werden kann, dass es nicht verunreinigt ist und eine bestmögliche UV-transparenz aufweist. Ansonsten kann dies zu zusätzlichen Peaks oder einer veränderten Elutionsstärke führen. (Meyer V. R., 2004, S. 63)

Die stationäre Phase liegt in Form der Trennsäule vor. Die Säulen bestehen meistens aus Edelstahl. Für analytische Zwecke werden HPLC-Säulen mit einem Innendurchmesser von 2-5 mm verwendet. Die Säulenlänge beträgt bei Arbeiten mit Mikroteilchen, von 3, 5, 7 oder 10  $\mu\text{m}$ , normalerweise 5, 10, 15 oder 25 cm. Für den Verschluss der Säulen dienen Stahlfritten. (Matissek R., Fischer M. und Steiner G., 2018, S. 87)

Die Lösung, die zu untersuchen ist, darf keine Feststoffe enthalten, da dies zum „Trailing“ und dem Verstopfen der Säule führen kann. Daher ist es in einigen Fällen wichtig diese vorher zu filtrieren. Gelegentlich können die Proben in der mobilen Phase gelöst werden. Das Lösungsmittel darf aber nicht höher konzentriert sein als die mobile Phase selbst, da dies zu unüblichen Peakformen führen kann. (Meyer V. R., 2004, S. 74)

Oftmals stellen Peaks im Chromatogramm keine symmetrische Gauß-Form dar. Ist der hintere Teil verbreitert, nennt sich das „Trailing“. Ist die Vorderseite flacher als die Rückseite, so nennt sich das Phänomen „Fronting“. (Meyer V. R., 2004, S. 40) Die nachfolgende Abbildung stellt diese Verläufe beispielhaft dar.



Abbildung 7 Peakformen; modifiziert nach: (Meyer V. R., 2004, S. 40)

Minimale Abweichungen der Gauß-Form sind bedeutungslos und normal. Bei stärkeren Asymmetrien sollte nach der Ursache geforscht werden. Diese deuten darauf hin, dass das chromatographische System nicht optimiert ist. Schultern oder Doppelpicks können beispielsweise auf schlecht gepackte oder gealterte Säulen hindeuten. Auch die Überladung der Trennsäule kann sich in Form von breiten und asymmetrischen Peaks äußern. (Meyer V. R., 2004, S. 40)

In dieser Analyse werden folgende Hilfsmittel und Geräte verwendet:

- Elutionsmittelreservoir
- Hochdruckpumpe
- Autosampler
- Säulenofen

- UV-Detektor
- Gefäß für Lösungsmittelabfall
- Phenylgebundene Trennsäule

Das HPLC-Gerät setzt sich aus einer Serie von Systemen der Firma Hitachi High-Tech Corporation zusammen.

Eingesetzt wird die CM5160 Pumpe mit einem maximalen Arbeitsdruck von 60,0 Megapascal (MPa), was etwa 600 bar entspricht. Die Flussrate beträgt bis zu 5000 ml/min. (VWR International, o.J.)

Außerdem wird der Autosampler, auch bekannt als automatischer Probengeber mit der Nummer CM5260 verwendet. Dieser hat eine Probenkapazität von 1,5 ml und weist drei Methoden der Injektion auf. Dazu gehören die Cut-Injektion, All-volume und Full-loop. Die minimale Injektionszeit beträgt ca. 28 Sekunden. Das Standardmäßige Spritzvolumen beträgt 175 µl. (VWR International, o.J.)

Der Säulenofen CM5310 verfügt über eine Arbeitstemperatur von 1 bis 85 °C, die in 1 °C Schritten zu- oder abnimmt und somit eine Genauigkeit von ± 1 °C aufweist (VWR International, o.J.).

Zudem wird der UV-Detektor CM5410 verwendet, der das Messprinzip der Doppelstrahlungsmessung betreibt und eine D2 Lampe als Lichtquelle einsetzt. Der Messbereich des Detektors liegt zwischen 190 und 600 nm. Dabei entspricht die Wellenlängengenauigkeit 6 nm. (VWR International, o.J.)

Bei der Trennsäule handelt es sich um die Phenomenex Luna 5 µm Phenyl-Hexyl. Diese weist Maße von 250 x 4,6 mm auf. (Deutsches Institut für Normung e.V., 2007, S. 9)

Die Abbildung 8 macht den schematischen Aufbau der einzelnen Bestandteile der HPLC-Anlage deutlich.

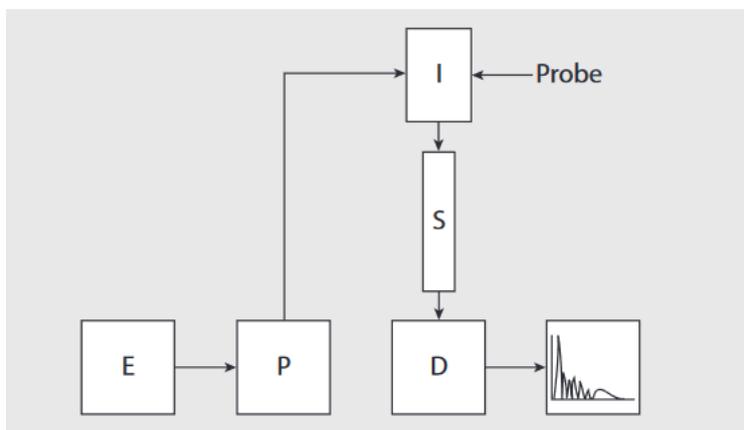


Abbildung 8 Schematischer Aufbau eines HPLC-Systems: E: Elutionsreservoir; P: Pumpe; I: Injektor; S: Trennsäule; D: Detektor (Matissek R., Fischer M. und Steiner G., 2018, S. 87)

Der Chromatograph wird nach der Anweisung des Herstellers in Betrieb genommen und nach der DIN ISO 14502-2 eingestellt.

Es wird ein Durchfluss von 1,0 ml der mobilen Phase gewählt. Die binäre Gradientenbedingung gibt an, inwieweit sich der Einsatz der beiden mobilen Phasen während des Analyseprozesses ändert. Zunächst wird hundert Prozent der Phase A für zehn Minuten eingesetzt. Daraufhin folgt fünfzehn Minuten lang ein linearer Abstieg bis achtundsechzig Prozent Phase A und ein Anstieg bis zweiunddreißig Prozent der mobilen Phase B. Diese Zusammensetzung wird für zehn Minuten beibehalten. Anschließend erfolgen zum Ausgleich zehn Minuten reiner Phase A. Dies ermöglicht eine reibungslose Wiederaufnahme der nächsten Probe. Demnach weist eine Messung je Vial eine Zeit von fünf- undvierzig Minuten auf. Die Temperatur der Säule wird durch den Säulenofen geregelt. Dieser wird auf  $35 \pm 0,5$  °C eingestellt. Der UV-Detektor wird auf 278 nm eingestellt. Dabei ist zu beachten, dass der Empfindlichkeitsbereich des Detektors alle Peaks des am höchsten verdünnten Standards erfassen kann und somit innerhalb des Messbereiches Datenerfassungssystems liegen. (Deutsches Institut für Normung e. V., 2007, S. 11-12)

Das Injektionsvolumen in dieser Analyse wird bei den Kalibrierlösungen, aber auch den Teeproben auf 10 µl eingestellt. Durch einen vorherigen Versuch mit 20 µl, wurde deutlich, dass die Ergebnisse mit 10 µl Injektionsvolumen die Auswertung aufgrund der Zahlengröße der Flächen erleichtert. Zudem hat sich dadurch ein präziserer Peakverlauf ohne Schultern gebildet, sodass davon ausgegangen werden kann, dass die Säule mit 20 µl überlastet gewesen ist.

#### 4.2.2 Reagenzien

Zu den Reagenzien gehören:

- Wasser
- Acetonitril
- Eisessig
- Dinatriummethyldiamintetraacetat-Dihydrat-Lösung (EDTA)
- Ascorbinsäurelösung mit 10 mg/ml
- Stabilisierungslösung mit 10 % Volumenanteil Acetonitril mit 500 µg/ml EDTA und Ascorbinsäure
- Mobile Phasen für die HPLC
  - Phase A mit 9 % Volumenanteil Acetonitril, 2 % Essigsäure und 20 µg/ml EDTA
  - Phase B mit 80 % Volumenanteil Acetonitril, 2 % Essigsäure und 20 µg/ml EDTA  
(Deutsches Institut für Normung e. V., 2007, S. 5-6)
- Catechin-Standard (Green Tea Catechin Mix)

Da in der Analyse mit der HPLC-Methode gearbeitet wird, wird Wasser mit einer HPLC-Qualität verwendet.

Anders als in der DIN ISO 14502-2 werden keine Stammlösungen einzelner Catechine hergestellt, sondern ein fertiger Catechin-Mix verwendet. Dieser beinhaltet sieben Catechine und Koffein (Merck KGaA., 2023). Die Tabelle 2 zeigt die Zusammensetzung auf.

Tabelle 2 Zusammensetzung des Standards (Merck KGaA, 2023)

Inhaltsstoff	Chromatographische Reinheit in %	Konzentration in µg/ml
(-)-Epigallocatechin 3-gallat	99,4	100,0 ± 0,6
(+)-Catechin	98,9	100,1 ± 0,6
(-)-Epicatechin	98,7	100,0 ± 0,5
(-)-Epicatechin 3-gallat	98,5	100,1 ± 0,6
(-)-Gallocatechin	99,3	100,0 ± 0,5
(-)-Gallocatechin 3-gallat	99,6	100,1 ± 0,6
(-)-Catechin 3-gallat	98,4	100,0 ± 0,5
Koffein	99,9	99,9 ± 0,5

### 4.2.3 Geräte

Zu den verwendeten Geräten gehören:

- Analysewaage, die auf  $\pm 0,0001$  g abwägen kann
- Messkolben
- Kolbenhubpipetten
- Filter zum Filtrieren von der mobilen Phase und der verdünnten Probe
- Hochleistungs-Flüssigchromatograph mit einem thermostatisierbaren Säulenofen, einer binären Gradientenelution und einem UV-Detektor, der sich auf 278 nm einstellen lässt
- Datenerfassungs-/Integrationsystem
- HPLC-Vials
- Wasserbad
- Chromatographiesäule  
(Deutsches Institut für Normung e. V., 2007, S. 9)

### 4.2.4 Vorbereitung der Reagenzien

#### EDTA-Lösung:

Es wird eine Lösung hergestellt, die 10 mg/ml EDTA enthält. Es wird  $1,0 \pm 0,01$  g ( $\text{Na}_2$ )-EDTA in einem 100 ml Messkolben eingewogen. Dieser wird mit warmem Wasser auf 50 ml aufgefüllt und geschwenkt, bis sich das EDTA gelöst hat. Das Gemisch wird auf Raumtemperatur gebracht und mit

HPLC-geeignetem Wasser bis zur Marke aufgefüllt. (Deutsches Institut für Normung e. V., 2007, S. 6)

#### Ascorbinsäure-Lösung:

Die Lösung enthält 1 mg/ml Ascorbinsäure. Dafür wird 1,0 g  $\pm$  0,01 g Ascorbinsäure in einem 100 ml Messkolben eingewogen. Dieser wird mit HPLC-geeignetem Wasser bis zur Marke aufgefüllt, und anschließend wird die Ascorbinsäure gelöst. (Deutsches Institut für Normung e. V., 2007, S. 6)

#### Stabilisierungslösung:

Die Stabilisierungslösung besteht aus 10 % Acetonitril mit 500  $\mu$ g/ml EDTA und Ascorbinsäure. Hierfür werden 25 ml der EDTA-Lösung mit 25 ml Ascorbinsäure-Lösung und 50 ml Acetonitril in einen 500 ml Messkolben pipettiert. Das Gemisch wird bis zur Marke mit Wasser, welches eine HPLC-Qualität aufweist, aufgefüllt. (Deutsches Institut für Normung e. V., 2007, S. 6)

#### Mobile Phasen für die HPLC:

Mobile Phase A, mit 9 % (Volumenanteil) Acetonitril, 2 % (Volumenanteil) Essigsäure mit 20  $\mu$ m/ml EDTA:

Es werden 180 ml Acetonitril und 20 ml Eisessig in einen Messkolben mit zwei Litern Fassungsvermögen gefüllt und mit Wasser auf einen Liter aufgefüllt. Dazu werden 4,0 ml der EDTA-Lösung zugegeben. Nun wird erneut Wasser bis zur Marke hinzugegeben und vorsichtig geschwenkt. Diese Lösung muss durch einen Filter mit einer Porengröße von 0,45  $\mu$ m filtriert werden. (Deutsches Institut für Normung e. V., 2007, S. 6)

Mobile Phase B, 80 % (Volumenanteil) Acetonitril, 2 % (Volumenanteil) Essigsäure und 20  $\mu$ m/ml EDTA:

800 ml Acetonitril werden mit 20 ml Eisessig in einen Messkolben mit einem Liter Fassungsvermögen gegeben. Dies wird auf 500 ml mit Wasser aufgefüllt und mit 2,0 ml EDTA versetzt. Anschließend wird der Messkolben auf einen Liter mit Wasser aufgefüllt und durchmischt. Auch dieses Gemisch muss gefiltert werden. Dafür wird erneut eine Porengröße von 0,45  $\mu$ m verwendet. (Deutsches Institut für Normung e. V., 2007, S. 6)

### 4.2.5 Vorbereitung der Teeproben

In der DIN ISO 14502-2 wird der Gesamtcatechingehalt aus dem Teeblatt untersucht. In dieser Arbeit werden Catechine aus Teeaufgüssen bestimmt. Als Orientierung der Zubereitung der Aufgüsse dient die Norm DIN 10809 mit dem Titel „Untersuchung von Tee; Bereitung eines Aufgusses für sensorische Prüfungen“ aus dem Jahr 1988, die vom Deutschen Institut für Normung e.V. veröffentlicht

wurde. Diese Norm ist auch unter der amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren nach §35 LFGB mit der Nummer 47.00-7 zu finden.

Es erfolgt eine Extraktion von löslichen Substanzen aus getrockneten Teeblättern. Hierfür werden 2 g der getrockneten Teeblätter auf 40 mg genau eingewogen und in das Aufgussgefäß überführt. Das Gefäß sollte ein Volumen von mindestens 150 ml aufweisen, da die Teeprobe mit 150 ml Wasser aufgegossen wird. Beim Aufguss ist darauf zu achten, dass bei allen Proben, das gleiche Wasser verwendet wird. (Deutsches Institut für Normung e. V., 1988, S. 1). In dem Fall wird das Leitungswasser der HAW-Hamburg, Fakultät Life Sciences, Campus Bergedorf mit der Postleitzahl 21033 verwendet.

Das Wasser stammt aus dem Hauptpumpwerk Rothenburgsort und weist folgende Werte auf: Natrium: 21 mg/l, Nitrat: 1,5 mg/l, Fluorid: 0,16 mg/l, Härte: 11,8 Grad deutscher Härte (°dH) und pH-Wert: 7,6. Die Wasserhärte liegt im mittleren Bereich. Weiches Wasser entspricht weniger als 8,4 °dH, mittelhartes Wasser liegt zwischen 8,4 und 14 °dH und hartes Wasser liegt bei über 14 °dH. Der Härtegrad wird vom Gehalt von Mineralien und Spurenelementen bestimmt. Durch das Erdreich gelangen Calcium, Kalium, Magnesium, Eisen, Natrium und Chlorid ins Wasser. Der Grad variiert in jedem Stadtteil und hängt von der Herkunft des Wassers ab. (Hamburg Wasserwerke Gesellschaft mit beschränkter Haftung, o.J.)

Da in dieser Arbeit unterschiedliche Brühzeiten und Brühtemperaturen untersucht werden, müssen die Proben nacheinander und zeitlich terminiert vorbereitet werden. Das Wasser wird mit einem Wasserkocher aufgeköcht. Die Temperatur wird mit einem Temperaturfühler gemessen. Bei den Temperaturen von 70 und 80 °C wird das Wasser dementsprechend nach dem Aufkochen bei Raumtemperatur runtergekühlt. Die Ziehzeit wird mit Hilfe einer Stoppuhr gemessen. Währenddessen befinden sich die Proben im Wasserbad, welches auf die entsprechende Temperatur eingestellt ist. Nach Ablauf der Zeit wird der Teeaufguss durch ein Sieb in ein Becherglas gegossen und auf Raumtemperatur abgekühlt.

#### 4.2.6 Verdünnung

Zunächst ist das Ziel, die Methode aufgrund der vorgenommenen Abweichung der Untersuchungsproben zu testen. In diesem Versuch wird ein fertiger Standard (Green Tea Catechin Mix) verwendet, daher muss überprüft werden, ob mit der HPLC-Methode alle im Standard enthaltenen Catechine nachweisbar sind. Der Standard hat eine Konzentration von 100 µg/ml (Merck KGaA, o.J.). Da die Konzentration des Standards für den Versuch zu hoch ist, werden durch Verdünnung verschiedene Konzentrationen hergestellt. Insgesamt werden sechs Verdünnungen vorgenommen. Die Verdünnung des Standards erfolgt durch die Stabilisierungslösung, die nach „4.2.4 Vorbereitung der Reagenzien“ hergestellt wurde. Die Tabelle 3 zeigt das Verhältnis zwischen dem Green Tea Catechin

Mix-Standard und der Stabilisierungslösung. Für die Verdünnung wird eine Kolbenhubpipette verwendet. Die beiden Lösungen werden in Vails gegeben und durch mehrmaliges Ansaugen durchmischt.

Tabelle 3 Verhältnis zwischen Standard und Stabilisierungslösung

Konzentration in µg/ml	Standard in µl	Stabilisierungslösung in µl
1	10	990
5	50	950
10	25	225
20	50	200
50	125	125
70	175	75

Diese Ergebnisse dienen im späteren Verlauf der Untersuchung als Kalibrierpunkte in Form einer Sechs-Punkt-Kalibrierung.

Zusätzlich müssen die Teeproben verdünnt werden. Für die Verdünnung wird 1,0 ml des Probenextraktes in ein Reagenzglas mit 10 ml Fassungsvermögen pipettiert. Anschließend wird dieses mit der Stabilisierungslösung auf 5,0 ml verdünnt und durch vorsichtiges Schwenken durchmischt. Außerdem muss dieses Gemisch durch einen 0,45 µm-Filter gefiltert werden, um Grobpartikel zu entfernen. (Deutsches Institut für Normung e. V., 2007, S. 11)

Dieser Vorgang wird für alle Versuche mit den unterschiedlichen Temperaturen und Ziehzeiten wiederholt, sodass am Ende 27 verdünnte Proben vorliegen. Diese werden mit einer Kolbenhubpipette in Vails überführt und beschriftet. Diese sollen etwa zu zwei Dritteln befüllt sein. Dies entspricht ca. 1 ml Probe je Vail.

#### 4.2.7 Durchführung

Um den Catechingehalt der japanischen Grüntees bestimmen zu können, müssen vorab einige Schritte durchgeführt werden. Im ersten Schritt durchlaufen die Kalibrierlösungen, also der unterschiedlich verdünnte Standard (siehe 4.2.6 Verdünnung) das HPLC-Gerät. Im nächsten Schritt erfolgt die chromatographische Analyse der Teeproben, die zuvor mit der Stabilisierungslösung 1:5 verdünnt worden sind (siehe 4.2.6 Verdünnung). Daraufhin wird eine qualitative Zuordnung der Retentionszeiten zu den Catechinen durchgeführt. Anschließend kann eine quantitative Bestimmung in Form von Kalibriergeraden vorgenommen werden. Aus diesen lassen sich die Catechingehalte der Teeproben berechnen. In der Analyse werden aus zeitlichen Gründen und der großen Anzahl der Proben, nicht alle der im Standard enthaltenen Teecatechine berücksichtigt. Der Fokus liegt auf drei Catechinen. Dazu gehören ECG, EGCG und EC.

### 4.2.8 Bestimmung

Zunächst müssen die Catechine des Standards identifiziert werden. Hierfür werden die Catechine den Peaks und somit den dazugehörigen Retentionszeiten zugeordnet. Als Orientierung dient Anhang C „Typische HPLC-Chromatogramme“ aus der DIN ISO 14502-2. Die Abbildung 9 zeigt einen Ausschnitt des Anhangs.

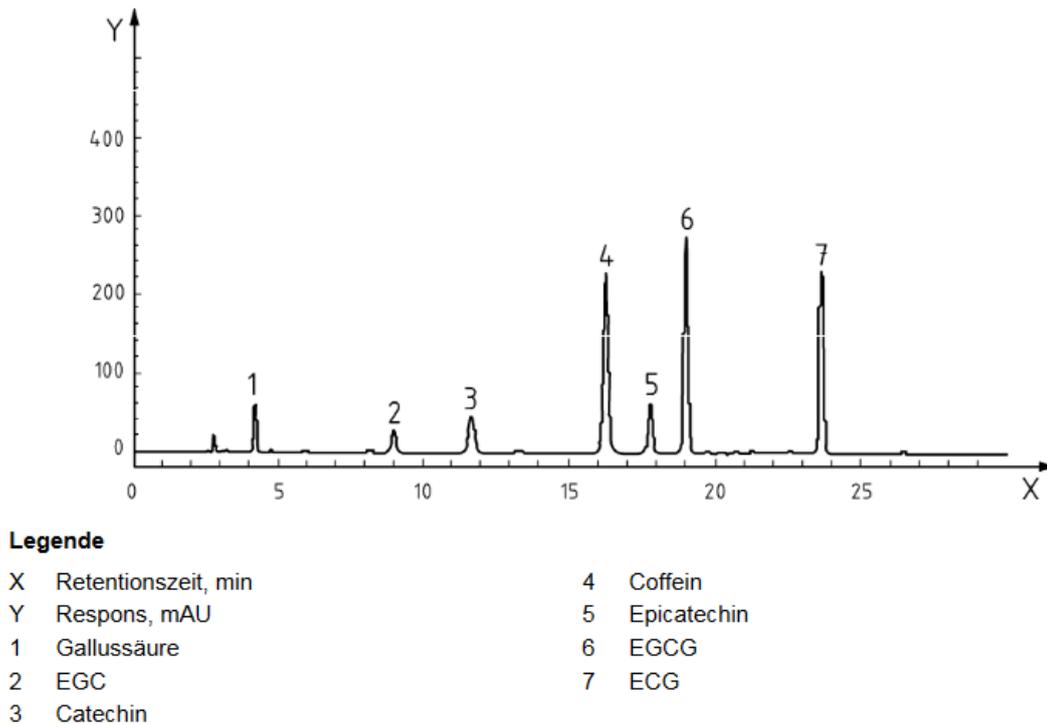


Abbildung 9 Anhang C "Typische HPLC-Chromatogramme" (Deutsches Institut für Normung e. V., 2007, S. 19)

Hier sind die in der Norm untersuchten Catechine, anhand ihrer Peaks mit ihren Retentionszeiten aufgeführt.

Für eine qualitative Bestimmung der Catechine werden die Chromatogramme des in der Abbildung 9 aufgeführten Anhangs aus der Norm mit einem Chromatogramm einer Kalibrierlösung, also einem verdünnten Standard verglichen. In dieser Untersuchung werden sechs verschiedene Verdünnungen, für die im nächsten Schritt zu erstellenden Kalibriergeraden, verwendet. Die Abbildung 10 zeigt beispielhaft das Chromatogramm der 20 µg/ml Kalibrierlösung auf.

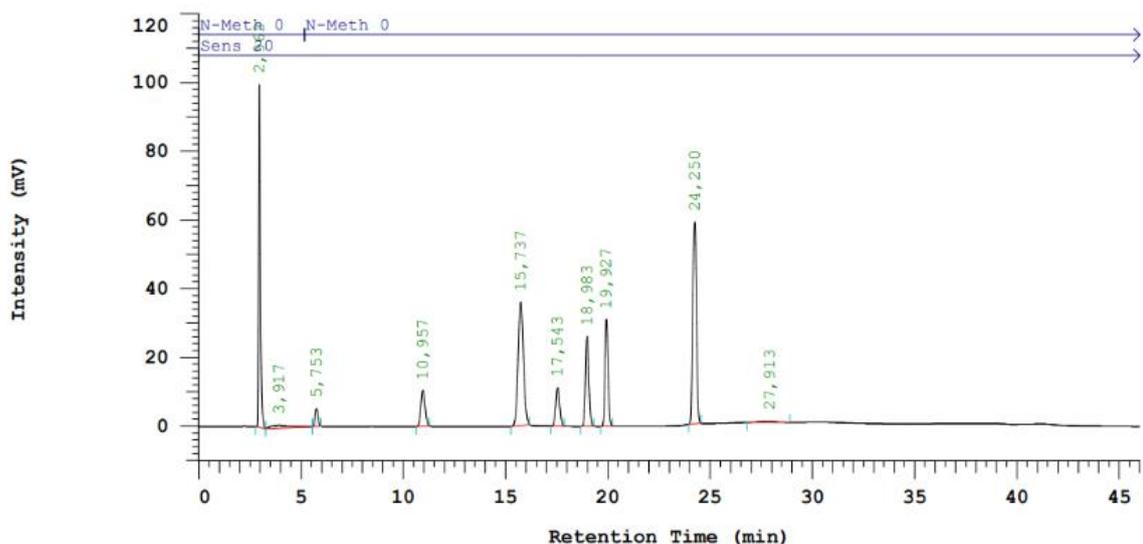


Abbildung 10 Chromatogramm der 20 µg/ml Kalibrierlösung

Anhand beider Chromatogramme können nun die Retentionszeiten verglichen werden. Daraus ergeben sich folgende Retentionszeiten der zu untersuchenden Catechine:

- EC: 18,983 Minuten
- EGCG: 19,927 Minuten
- ECG: 24,250 Minuten

Aus den zugeordneten Retentionszeiten der Catechine, lassen sich nun die Peaks und damit die Flächen der Teeproben identifizieren. Die Abbildung 11 stellt die Zuordnung dieser Flächen zu den jeweiligen Catechinen dar.

Bancha 70 °C				Sakura Kukicha 70 °C				Mushisei Tamaryokucha 70 °C			
	3 min	5 min	8 min		3 min	5 min	8 min		3 min	5 min	8 min
EC	89.326	96.556	121.971	EC	76.059	87.324	100.347	EC	41.820	50.977	57.419
EGCG	321.344	360.121	513.173	EGCG	261.468	305.525	363.073	EGCG	526.282	710.216	830.391
ECG	123.270	140.604	176.176	ECG	59.353	66.451	77.358	ECG	114.051	152.824	181.162
Bancha 85 °C				Sakura Kukicha 85 °C				Mushisei Tamaryokucha 85 °C			
	3 min	5 min	8 min		3 min	5 min	8 min		3 min	5 min	8 min
EC	104.809	134.136	144.548	EC	86.700	102.946	116.967	EC	48.299	57.843	57.655
EGCG	442.644	589.324	713.899	EGCG	327.469	400.373	548.934	EGCG	697.579	923.336	1.014.512
ECG	167.117	217.555	259.250	ECG	72.957	98.289	111.832	ECG	165.645	220.117	250.944
Bancha 100 °C				Sakura Kukicha 100 °C				Mushisei Tamaryokucha 100 °C			
	3 min	5 min	8 min		3 min	5 min	8 min		3 min	5 min	8 min
EC	126.399	146.516	180.617	EC	92.545	110.939	92.612	EC	53.538	65.007	63.194
EGCG	595.421	648.405	950.984	EGCG	366.119	476.757	432.286	EGCG	849.806	1.085.590	583.137
ECG	249.576	330.774	462.493	ECG	115.790	153.945	147.006	ECG	272.807	343.112	415.850

Abbildung 11 Peakflächen der Teeproben unter den verschiedenen Temperaturen

## 4.2.9 Berechnungen

Nachdem die Catechine den Retentionszeiten und den dazugehörigen Flächen zugeordnet wurden, folgt die quantitative Bestimmung. Dazu gehört die rechnerische Bestimmung der im Tee enthaltenen Catechingehalte. Um die Konzentrationen bestimmen zu können, werden Kalibriergeraden erstellt. Hierfür werden die Peakflächen der Kalibrierlösungen in Abhängigkeit der Massenkonzentration des Standards gesetzt. Die Tabelle 4 zeigt die Wertepaare auf, aus denen die Geraden erstellt werden.

Tabelle 4 Flächen der Kalibrierlösungen

µg/ml	EC	EGCG	ECG
1	11.250	13.356	34.238
5	60.160	65.678	159.210
10	147.734	159.813	382.049
20	284.353	302.039	710.228
50	922.630	1.000.783	2.405.118
70	1.008.151	1.090.573	2.629.027

Da EC, EGCG und ECG untersucht werden, erhält jedes Catechin eine eigene Kalibriergerade, die auf einer Sechs-Punkt-Kalibrierung basiert. Demnach verfügt jede Gerade über eine eigene Funktionsgleichung, mit der Berechnungen durchgeführt werden können. Die Geraden werden in der Abbildung 12 dargestellt. Folgende lineare Funktionen ergeben sich aus den Kalibrierungen:

- EC:  $y = 15.733x - 3.348,9$
- EGCG:  $y = 1.7034x - 4.177,3$
- ECG:  $y = 41.040x - 13.740,0$

Eine Funktionsgleichung einer linearen Funktion ist wie folgt aufgebaut:

- $y = mx + n$ 
  - m gibt die Steigung der Funktion an
  - n gibt den y-Achsenabschnitt, also den Schnittpunkt mit der y-Achse an (Meyer L., 2017)
  - y steht in dem Fall für die Peakfläche A
  - x steht für die Massenkonzentration  $\beta$

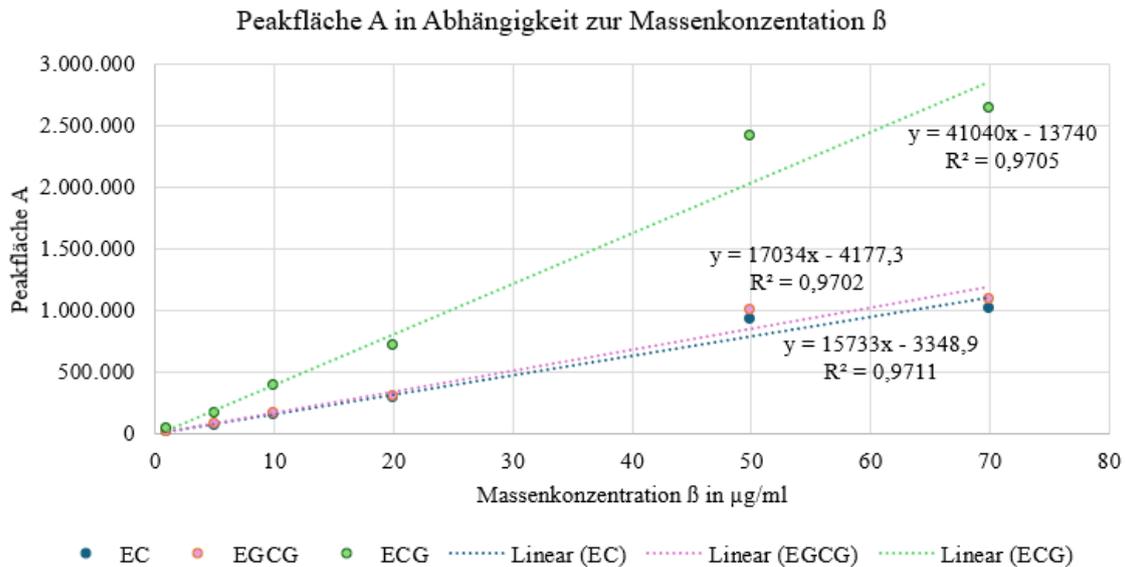


Abbildung 12 Peakfläche in Abhängigkeit zur Massenkonzentration der Kalibrierstandards

Diese Funktionsgleichungen lassen sich nach  $x$  umstellen, sodass daraus die Konzentration in  $\mu\text{g/ml}$  Teeaufguss bestimmt werden kann:

$$\circ \quad x = \frac{y-n}{m}$$

Da in dieser Analyse eine Verdünnung des Teeaufgusses von 1:5 durchgeführt wurde (siehe 4.2.6 Verdünnung), wird die Gleichung mit fünf multipliziert. Einer Ausnahme stellt der Mushisei Tamarokucha bei 100 °C und acht Minuten Ziehzeit dar, da hier die Fläche des EGCG außerhalb des Kalibrierbereichs gefallen ist. Hier wurde daraufhin mit einer 1:10 Verdünnung gearbeitet. Demnach wird mit zehn multipliziert.

$$\circ \quad x = \left(\frac{y-n}{m}\right) \cdot 5$$

Im nächsten Schritt erfolgt die Hochrechnung auf eine Tasse. Eine Tasse entspricht in dem Fall 150 ml, da ein Aufguss von 150 ml während der Probenvorbereitung durchgeführt wurde.

$$\circ \quad x = \left(\left(\frac{y-n}{m}\right) \cdot 5\right) \cdot 150$$

Daraus folgt eine Konzentration von  $\mu\text{g}/150 \text{ ml}$ . Für eine übersichtlichere Darstellung wird eine Angabe in  $\text{mg}/150 \text{ ml}$  bevorzugt. Dies wird durch eine Division durch 1000 erreicht.

$$\circ \quad x = \frac{\left(\left(\frac{y-n}{m}\right) \cdot 5\right) \cdot 150}{1000}$$

## 4.2.10 Ergebnisse

Aus der Anwendung der Rechenformeln (siehe 4.2.9 Berechnungen) gehen folgende Konzentrationen hervor:

Bancha:

Tabelle 5 Konzentrationen von EC, EGCG und ECG nach Temperatur und Ziehzeit in mg/150 ml im Bancha

	EC 70 °C	EC 85 °C	EC 100 °C	EGCG 70 °C	EGCG 85 °C	EGCG 100 °C	ECG 70 °C	ECG 85 °C	ECG 100 °C
3 Minuten	4,4	5,2	6,2	14,3	19,7	26,4	2,5	3,3	4,8
5 Minuten	4,8	6,6	7,1	16,0	26,1	28,7	2,8	4,2	6,8
8 Minuten	6,0	7,1	8,8	22,8	31,6	42,1	3,5	5,0	8,7

Sakura Kukicha:

Tabelle 6 Konzentrationen von EC, EGCG und ECG nach Temperatur und Ziehzeit in mg/150 ml im Sakura Kukicha

	EC 70 °C	EC 85 °C	EC 100 °C	EGCG 70 °C	EGCG 85 °C	EGCG 100 °C	ECG 70 °C	ECG 85 °C	ECG 100 °C
3 Minuten	3,8	4,3	4,6	11,7	14,6	16,3	1,3	1,6	2,4
5 Minuten	4,3	5,1	5,4	13,6	17,8	21,2	1,5	2,0	3,1
8 Minuten	4,9	5,7	4,6	16,2	24,4	19,2	1,7	0,5	2,9

Mushisei Tamaryokucha:

Tabelle 7 Konzentrationen von EC, EGCG und ECG nach Temperatur und Ziehzeit in mg/150 ml im Mushisei Tamaryokucha

	EC 70 °C	EC 85 °C	EC 100 °C	EGCG 70 °C	EGCG 85 °C	EGCG 100 °C	ECG 70 °C	ECG 85 °C	ECG 100 °C
3 Minuten	2,2	2,5	2,7	23,4	30,9	37,6	2,3	3,3	5,2
5 Minuten	2,6	2,9	3,3	31,5	40,8	48,0	3,0	4,3	6,5
8 Minuten	2,9	2,9	3,2	36,7	44,9	51,7	3,6	4,8	7,9

Übersichtshalber lassen sich die Ergebnisse im direkten Vergleich in Form von Diagrammen darstellen.

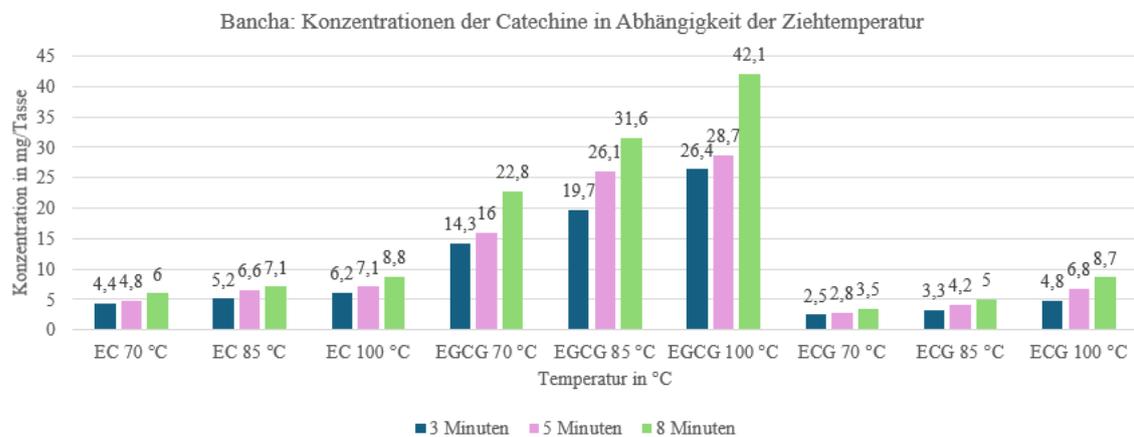


Abbildung 13 Konzentration in mg/150 ml in Abhängigkeit der Temperatur-Bancha

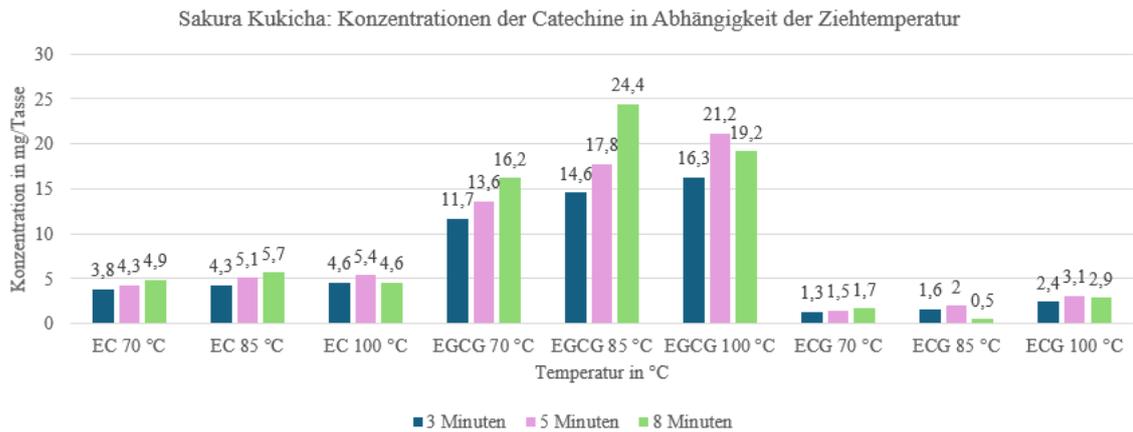


Abbildung 14 Konzentration in mg/150 ml in Abhängigkeit der Temperatur-Sakura Kukicha

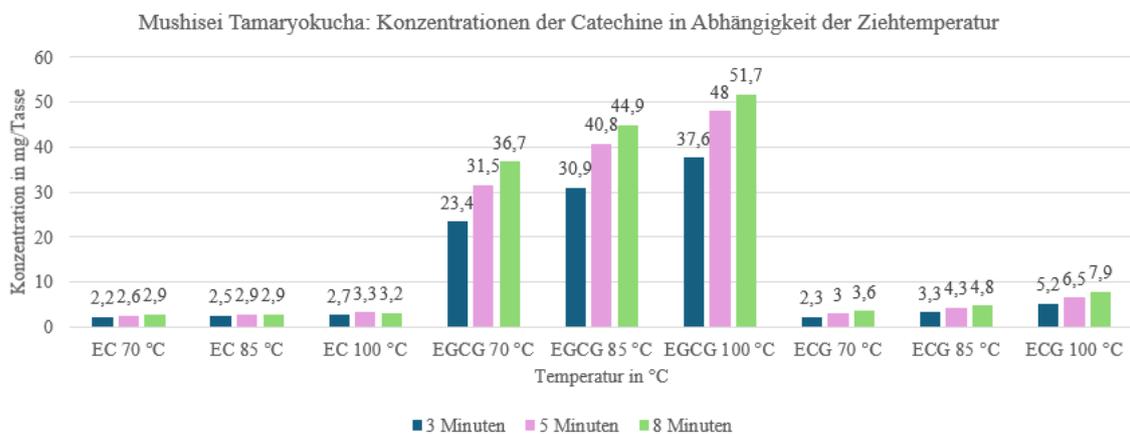


Abbildung 15 Konzentration in mg/150 ml in Abhängigkeit der Temperatur-Mushisei Tamaryokucha

Anhand der den Tabellen 5-7 und der bildlichen Darstellung in Form von Diagrammen in den Abbildungen 13-15 ist der Unterschied zwischen den der japanischen Grüntees auf dem ersten Blick zu erkennen.

Der Bancha weist den höchsten Gehalt mit 4,4 bis 8,8 mg/Tasse an EC auf. Gefolgt vom Sakura Kukicha mit 3,8 bis 5,7 mg/Tasse und an letzter Stelle der Mushisei Tamaryokucha mit 2,2 bis 3,3 mg/Tasse. Im Gegensatz dazu weist der Mushisei Tamaryokucha den höchsten EGCG-Gehalt mit 23,4-51,7 mg/Tasse auf. Gefolgt vom Bancha mit 14,3-42,1 mg/Tasse und anschließend dem Sakura Kukicha mit 11,7- 24,4 mg/Tasse. Mit Abstand den kleinsten Konzentrationen schneidet das ECG ab. Hier liegt der Bancha mit Werten zwischen 2,5 und 8,7 mg/Tasse vorne. Gefolgt vom Mushisei Tamaryokucha mit Werten von 2,3-7,9 und mit den geringsten Mengen der Sakura Kukicha mit 1,3-3,1 mg/Tasse. Zudem wird deutlich, dass mit zunehmender Temperatur und Ziehzeit der Catechingehalt in den meisten Fällen steigt.

### 4.2.11 Auswertung

Insgesamt wird deutlich, dass in allen untersuchten japanischen Grüntees EC, EGCG und ECG enthalten sind. Die Unterscheidung der Konzentrationen zwischen den Teesorten lässt sich durch unterschiedliche Faktoren erklären. Beispielsweise handelt es sich um drei komplett unterschiedliche Teesorten, die sich auf dem ersten Blick optisch, aber auch durch ihre Zusammensetzung unterscheiden. In dem Kapitel „2.2 Verarbeitungsschritte“ wird erklärt, welche Faktoren Einfluss auf das Endprodukt haben. Unter anderem, dass die Wahl der Pflanze, das Anbaugebiet, das Klima, die Lage und die Erntezeit eine große Rolle dabei spielen. (Li S. et al., 2022) Demnach weisen die untersuchten japanischen Grünteesorten unterschiedliche Eigenschaften auf. Beispielsweise handelt es sich bei dem Bancha um eine klassische Grünteesorte, dem Sakura Kukicha um einen Stängeltee mit zugeetzten Kirschblüten und dem Mushisei Tamaryokucha um einen Grüntee, der ähnlich wie der Bancha verarbeitet wird, jedoch keinen hohen Bekanntheitsgrad aufweist. Gleichzeitig werden alle Sorten typischerweise in unterschiedlichen Regionen angebaut. (Curious Tea Ltd., o.J.), (EdelTee GbR., o.J.), (Lehner F., 2024)

Der Sakura Kukicha weist die geringste Konzentration des EGCG auf. Daraus lässt sich interpretieren, dass der Großteil des im Tee enthaltenen EGCG-Gehalts sich in den Blättern der Pflanze befindet und aus diesem Grund der Stängeltee den niedrigsten Gehalt aufweist. In dem Kapitel „2.5.2 Catechine“ wird erläutert, dass sich Catechine überwiegend in den Blättern des Tees befinden. Dadurch kann die Interpretation des Ergebnisses bestätigt werden.

In dem Kapitel „2.5.2 Catechine“ ist eine prozentuale Angabe der einzelnen Catechine aufgeführt. Im Idealfall soll das EGCG den höchsten Gehalt ausmachen, gefolgt vom ECG und anschließend dem EC. Das EGC soll etwa zwei bis drei Prozent und das EC zwei Prozent des Gesamtcatechingehalts ausmachen (Afzal O. et al., 2022). Demnach sollen ECG und EC nah beieinanderliegen. Anhand der Ergebnisse wird deutlich, dass das EGCG bei allen Grüntees mit Abstand die höchste Konzentration aufweist, was der Angabe aus dem Kapitel „2.5.2 Catechine“ entspricht. Beim Bancha und dem Sakura Kukicha liegen die Werte des EC leicht über dem ECG. Beim Mushisei Tamaryokucha liegt hingegen das ECG in einer höheren Konzentration als das EC vor. Die Abweichung ist damit zu erklären, dass es sich um durchschnittliche Angaben zum Grüntee handelt. Hier wird in der Analyse spezifisch auf die einzelnen Werte bestimmter Sorten eingegangen. Da sich die Ergebnisse des EC und ECG in einem ähnlichen Bereich bewegen, der nachweislich unter dem EGCG liegt, werden sie als zufriedenstellend eingeordnet

Die Ergebnisse der Analyse lassen sich mit den Werten der Tabelle 1 (siehe 2.5.2 Catechine) aus der USDA Database for the Flavonoid Content of Selected Foods vergleichen. Die Gehalte werden entsprechend auf mg/150 ml hochgerechnet.

Der Bancha hat beim EC bei allen Temperaturen und Ziehzeiten den Mindestwert von 2,9 mg/150 ml erreicht, da die Werte alle zwischen 4,4 und 8,8 mg/150 ml liegen. Das EGCG hat den Mindestwert von 3,5 mit Werten von 6,8 bis 42,1 mg/150 ml überstiegen. Auch das ECG hat den Wert von 2,5 mit Gehalten von 2,5-8,7 übertroffen. Jedoch hat keines der Ergebnisse den Durchschnitt erreicht (EC: 11,1 mg/150 ml; EGCG: 96,2 mg/150 ml; ECG: 24,6 mg/150 ml). (Bhagwat S., Haytowitz D. B. und Holden J. M., 2011)

Der Sakura Kukicha hat ebenfalls den Mindestwert des EC mit Werten zwischen 3,8 und 5,6 mg/150 ml erreicht. Das EGCG hat den Mindestwert von 3,5 mit 11,7-24,4 mg/150 ml übertroffen. Anders ist es beim ECG. Hier wurde der Mindestgehalt von 2,5 mg/150 ml mit den Ausnahmen der 100 °C Aufgüsse und Ziehzeiten von fünf (3,1 mg) und acht Minuten (2,9 mg) nicht erreicht. Insgesamt wurden die Durchschnittswerte aller Catechine nicht erreicht. (Bhagwat S., Haytowitz D. B. und Holden J. M., 2011)

Der Mushisei Tamaryokucha hat bei allen Temperaturen und einer Ziehzeit von drei Minuten den Mindestgehalt von EC nicht erreicht. Die 2,9 mg/150 ml wurden bei 70 °C und acht Minuten, 85 °C bei fünf und acht Minuten, sowie 100 °C bei fünf und acht Minuten knapp erreicht. Hier liegen die Konzentrationen zwischen 2,9 und 3,3 mg. Das EGCG lag bei allen Proben über dem Mindestwert (23,4-51,7 mg). Das ECG wurde bei allen Temperaturen und Ziehzeiten bis auf bei 70 °C und drei Minuten (2,3 mg) mit 3,0-7,9 mg übertroffen. Der Mushisei Tamaryokucha erreicht ebenfalls nicht die Durchschnittswerte. (Bhagwat S., Haytowitz D. B. und Holden J. M., 2011)

Dass alle untersuchten Teesorten mit allen Catechinen nicht an den Durchschnitt herankommen, lässt sich anhand mehrerer Faktoren erklären. Zum einen setzten sich die Ergebnisse der Datenbank aus mehreren Quellen zusammen. Es wird auf keine spezielle Grünteesorte eingegangen, sodass die Durchschnittswerte sich allgemein aus vielen verschiedenen Grüntees zusammensetzen. Aus diesem Grund werden die Mindest- und Maximalkonzentrationen angegeben. Zudem stammt die Ausgabe aus dem Jahr 2011. (Bhagwat S., Haytowitz D. B. und Holden J. M., 2011) Aufgrund des Alters der Quelle könnten die Werte mittlerweile leicht abweichen, da möglicherweise nicht alle Teesorten, einschließlich Bancha, Sakura Kukicha und Mushisei Tamaryokucha, enthalten sind. Des Weiteren ist es möglich, dass die Mindestgehalte aufgrund einer ungenauen Ausführung der Methode oder des HPLC-Geräts nicht erreicht werden, da sie nur sehr knapp darunter liegen. Zudem können Konzentrationen, die im Vergleich zum Durchschnitt etwas niedriger ausfallen, an der Wahl der Grünteesorten oder einer vergleichbar niedrigeren Qualität liegen. Dennoch dient die Datenbank als guter Anhaltspunkt, um die Ergebnisse einschätzen zu können. Daraus lässt sich schlussendlich ableiten, dass die Konzentrationen sich überwiegend im erwarteten Bereich der Konzentrationen bewegen.

Wie in dem Kapitel „2.5.2 Catechine“ beschrieben, sollen Catechine gegenüber einer Aussetzung hoher Hitze instabil sein. Die Untersuchung zeigt, dass die Konzentrationen mit steigender Temperatur und Ziehzeit zugenommen haben, was darauf hindeutet, dass die Catechine nicht abgebaut wurden und ihre Wirkung, selbst bei Aufgüssen von 100 °C und einer Ziehzeit von acht Minuten, nicht verlieren. Daraus lässt sich schließen, dass die gesundheitliche Wirkung erst bei längerer Exposition gegenüber hoher Hitze verloren geht.

Darüber hinaus lässt sich zu den Ergebnissen ein Bezug zur chemopräventiven Wirkung der Catechine herstellen. Wie in dem Kapitel „3 Chemopräventive Wirkung von Catechinen“ aufgeführt, soll der Konsum von Grüntee entzündungshemmend, antioxidativ und krebspräventiv wirken. Aber auch einen positiven Effekt auf kardiovaskuläre Krankheiten aufweisen. Dabei steht das EGCG im Fokus. Dies ist darauf zurückzuführen, dass das EGCG nachweislich den höchsten Anteil des Gesamtcatechiningehalts ausmacht (Afzal O. et al., 2022). Dies wurde in dieser Analyse anhand des Bancha, Sakura Kukicha und des Mushisei Tamaryokucha bestätigt.

Es wird empfohlen drei bis fünf Tassen zu trinken, um eine Wirkung zu erzielen (Khan N. und Mukhar H., 2018). Trotz der Empfehlung gibt es keine genaue Angabe, die besagt, ab welcher Konzentration von Catechinen eine gesundheitliche Wirkung auf die oben genannten Erkrankungen eintritt. Zudem gibt es keine Belege dafür, dass der Konsum von Grüntee Krankheiten endgültig bekämpft. Trotz der Tatsache, dass die drei untersuchten Teesorten unterhalb der Durchschnittswerte liegen, ist es möglich, dass sie dennoch einen gesundheitsförderlichen Beitrag leisten. Da es keine Empfehlungen für Mindestkonzentrationen gibt, könnten sie weiterhin eine vorbeugende Wirkung gegenüber Krankheiten einnehmen.

## 5 Fazit

Ziel der vorliegenden Arbeit war es drei japanische Grüntees hinsichtlich ihres Catechiningehalts zu untersuchen und die chemopräventive Wirkung von Catechinen aufzuführen. Untersucht wurden der Bancha, der Sakura Kukicha und der Mushisei Tamaryokucha.

So kann anhand von den Ergebnissen festgestellt werden, dass der Catechiningehalt abhängig von der Ziehzeit, der Aufgusstemperatur und der Wahl der Grünteesorte ist. Mit steigender Temperatur und Ziehzeit nehmen EC, EGCG und ECG in ihren Konzentrationen zu. Daraus lässt sich schließen, dass die Art der Zubereitung und die Wahl des Tees entscheidend darüber sein kann, inwiefern sich der Konsum auf die Gesundheit auswirkt.

Positiv aufgefallen ist das EGCG, dass in allen drei Grüntees die höchste Konzentration aufweist. Das EGCG ist das Catechin, dem die meisten positiven gesundheitlichen Wirkungen zugesprochen werden. Wie in dem Kapitel „3 Chemopräventive Wirkung von Catechinen“ aufgeführt, soll der

Konsum von Grüntee entzündungshemmend, antioxidativ, kardioprotektiv und krebspräventiv wirken. Dies ist auf einen Eingriff in zahlreiche chemische Prozesse des Körpers zurückzuführen wie beispielsweise das Abfangen von ROS, Senkung des LDL-Cholesterins und Reduzierung der Genexpression und -transkription entzündungsfördernder Gene. (Chu C. et al., 2018), (Guo J. et al., 2023)

Andererseits muss festgestellt werden, dass es keine genauen Angaben zu Konzentrationen gibt, die besagen, ab wann ein positiver gesundheitlicher Effekt gegeben ist. Daher kann anhand der Ergebnisse der Analyse der drei japanischen Grüntees keine Aussage darüber getroffen werden, welche Menge nötig ist, um einen positiven Effekt in Form einer chemopräventiven Wirkung gegenüber Krankheiten erzielen zu können. Demnach ist die Evidenzlage nicht ausreichend, um eine Einordnung der Catechingehalte vorzunehmen. Es wurden in zahlreichen Studien positive Zusammenhänge mit Catechinen und der Gesundheit bewiesen. Dennoch ist der aktuelle Forschungsstand nicht weit genug, um beispielsweise den Konsum von Grüntee zur Prävention von bestimmten Krankheiten empfehlen zu können. Außerdem beziehen sich viele Studien auf Grünteeextrakte und Präparate, die zur Supplementierung gedacht sind und dementsprechend höher dosiert sind als Grünteeaufgüsse.

Aus diesem Grund hat das Gremium der EFSA eine Risikobewertung zum EGCG durchgeführt und ist zu dem Ergebnis gekommen, dass bei einer Supplementierung die Höchstgrenze von 800 mg/ Tag nicht überschritten werden sollte, da die Leber möglicherweise geschädigt werden kann. Für Grünteeaufgüsse sind keine Höchstmengen vorgeschrieben. Sie gelten als unbedenklich. (EFSA-Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS) et al., 2018)

Demnach können Grünteeaufgüssen bedenkenlos konsumiert werden und zu einem gesundheitsförderlichen Lebensstil beitragen. Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung empfiehlt eine ausreichende Flüssigkeitszufuhr in Form von ungesüßten Getränken, wozu auch der Grüntee zählt, um die Gesundheit, Fitness und Leistungsfähigkeit des Körpers zu unterstützen. (Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V., 2023) Aufgrund dessen, kann der Körper besser gegen Krankheiten vorgehen und die Wirkung der Catechine positiv für sich nutzen.

Insbesondere durch die Zunahme von Krankheiten und des Alterungsprozesses der Menschen, sollten im Ausblick auf weiterführende Forschung zusätzlich Zusammenhänge mit genauen Konzentrationen der Catechine und den chemopräventiven Wirkungen erforscht werden, da bereits erste Ansätze auf Erfolg hindeuten.

## Literaturverzeichnis

- Afzal O., Dalhat M. H., Altamimi A. S. A., Rasool R., Alzarea S.I., Almalki W. H., Murtaza B. N., Iftikhar S., Nadeem S., Nadeem M. S., Kazmi I. (2022). Green Tea Catechins Attenuate Neurodegenerative Diseases and Cognitive Deficits. *Molecules*, 27 (7604), 1-22. doi: 10.3390/molecules27217604
- AVANTCHA Switzerland GmbH. (o.J.). Japanese Sakura Kukicha. AVANTCHA Switzerland GmbH. <https://ch.avantcha.com/product/sakura-kukicha/> Stand 29.08.2024
- Bernatoniene J., Kopustinskiene D. M. (2018). The Role of Catechins in Cellular Responses to Oxidative Stress. *Molecules*, 23 (965), 1-11. doi:10.3390/molecules23040965
- Bertram B. (2000). Tee in der Krebsprävention- Wirkungen und Mechanismen. Deutsches Tee-Institut, In: Deutscher Tee & Kräutertee Verband e.V. [https://www.teeverband.de/files/bilder/Publikationen/Gesundheit/17\\_wit-1-2000\\_2.pdf](https://www.teeverband.de/files/bilder/Publikationen/Gesundheit/17_wit-1-2000_2.pdf) Stand 05.08.2024
- Bhagwat S., Haytowitz D. B., Holden J. M. (2011). USDA Database for the Flavonoid Content of Selected Foods. Release 3. Agricultural Research Service U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. [https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/80400525/Data/Flav/Flav\\_R03.pdf](https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/80400525/Data/Flav/Flav_R03.pdf). Stand 12.09.2024
- Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. (2024). Amtliche Sammlungen von Untersuchungsverfahren (ASU). Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. [https://www.bvl.bund.de/DE/Arbeitsbereiche/01\\_Lebensmittel/01\\_Aufgaben/02\\_AmtlicheLebensmittelueberwachung/08\\_AmtlicheSammlung/lm\\_AmtlicheSammlung\\_node.html](https://www.bvl.bund.de/DE/Arbeitsbereiche/01_Lebensmittel/01_Aufgaben/02_AmtlicheLebensmittelueberwachung/08_AmtlicheSammlung/lm_AmtlicheSammlung_node.html) Stand 04.08.2024
- Cai Z., Li X., Liang J., Xiang L., Wang K., Shi Y., Yang R., Shi M., Ye J., Lu J., Zheng X., Liang Y. (2018). Bioavailability of Tea Catechins and Its Improvement. *Molecules*, 23 (2346), 1-18. doi:10.3390/molecules23092346
- Chu C., Deng J., Man J., Qu Y. (2017). Green tea Extracts Epigallocatechin-3-gallate for Different Treatments. *BioMed Research International*, Article ID 5615647, 1-9. doi: 10.1155/2017/5615647
- Curious Tea Ltd. (o.J.) Fukuejima mushisei Tamaryokucha. Curious Tea Ltd. [https://www.curiousstea.com/tea/archive/fukuejima-mushisei-tamaryokucha/?srsltid=AfmBOorl7\\_zXQRq0Fa-GuJuhYagNT-tero\\_c3OSJiMSV8xBb8hLYivsaC](https://www.curiousstea.com/tea/archive/fukuejima-mushisei-tamaryokucha/?srsltid=AfmBOorl7_zXQRq0Fa-GuJuhYagNT-tero_c3OSJiMSV8xBb8hLYivsaC) Stand 27.08.2024
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V. (2023). Getränke. Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V. <https://www.dge.de/gesunde-ernaehrung/gut-essen-und-trinken/dge-ernaehrungskreis/getraenke/> Stand 30.09.2024
- Deutscher Tee & Kräutertee Verband e.V. (o.J.), a. Tee-Sorten. Deutscher Tee & Kräutertee Verband e.V. <https://www.teeverband.de/alles-%C3%BCber-tee/tee/tee-sorten/> Stand 05.08.2024

- Deutscher Tee & Kräutertee Verband e.V. (o.J.), b. Zubereitung. Deutscher Tee & Kräutertee Verband e.V. <https://www.teeverband.de/alles-%C3%BCber-tee/tee/zubereitung/> Stand 07.08.2024
- Deutsches Institut für Normung e. V. (1988). Bereitung eines Aufgusses für sensorische Prüfungen. (DIN 10809). 1-3. Deutsches Institut für Normung e.V.
- Deutsches Institut für Normung e. V. (2007). Bestimmung von charakteristischen Substanzen von grünem und schwarzem Tee- Teil 2: Gehalt an Catechinen in grünem Tee- Verfahren mit Hochleistungs-Flüssigchromatographie (ISO 14502-2:2005 + Corrigendum 1:2006). (DIN ISO 14502-2). 1-26. Deutsches Institut für Normung e.V.
- Dränger B., Schreier P., Ottender H., Stintzing F. C. (2024). Catechine. Thieme RÖMPP. [www.roempp.thieme.de](http://www.roempp.thieme.de) Stand 18.08.2024
- EdelTee GbR. (o.J.). Bancha. EdelTee GbR. <https://www.edeltee.de/tee/gruener-tee/bancha.html> Stand 28.08.2024
- EFSA-Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS), Younes M., Aggett P., Aguilar F., Crebelli R., Dusemund B., Filipic M., Frutos M. J., Galtier P., Gott D., Gundert-Remy U., Lambre C., Leblanc J., lillegaard I. T., Moldeus P., Mortensen A., Oskarsson A., Stankovic I., Waalkens-Berendsen I., Woutersen R. A., Andrade R. J., Fortes C., Mosesso P., Restani P., Arcella D., Pizzo F., Smeraldi C., Wright M. (2018). Scientific opinion on the safety of green tea catechins. *EFSA-Journal*, 16 (4): 5239, 1-89. doi: 10.2903/j.efsa.2018.5239
- Engelhardt U. (2018). Tee. Thieme RÖMPP. [www.roempp.thieme.de](http://www.roempp.thieme.de) . Stand 18.08.2024
- Guo J., Li K., Lin Y., Liu Y. (2023). Protective effect and molecular mechanisms of tea polyphenols in cardiovascular diseases. *Frontiers in Nutrition*, 10 (1202378), 1-12. doi: 10.3389/fnut.2023.1202378
- Hamburg Wasserwerke Gesellschaft mit beschränkter Haftung (o.J.). Meine Wasserqualität. Hamburg Wasserwerke Gesellschaft mit beschränkter Haftung. <https://www.hamburgwasser.de/wasser/mein-trinkwasser#c779> Stand 18.09.2024
- Jian W., Fang S., Chen T., Fang J., Mo Y., Li D., Xiong S., Liu W., Song L., Shen J., Xia Y., Wang Q., Hong H. (2019). A novel role of HuR in -Epigallocatechin-3-gallate (EGCG) induces tumor cell apoptosis. *Journal of Cellular and Molecular Medicine*, 23 (5), 3767–3771. doi: 10.1111/jcmm.14249
- Kaptoge S., Angelantonio E. D., Pepys G. L. M. B., Thompson S. G., Collins R., Danesh J. (2010). C-reactive protein concentration and risk of coronary heart disease, stroke, an mortality: an individual participant meta- analysis. *Lancet*, 375 (9709), 132-140. doi: 10.1016/S0140-6736(09)61717-7
- Khan N., Mukhtar H. (2018). Tea Polyphenols in Promotion of Human Health. *Nutrients*, 11 (39), 1-16. doi:10.3390/nu11010039

- Lehner F. (2024). Kukicha: Grüner Tee mit Stiel. Gewürz- und Teehaus Schnorr. <https://www.teeshop.de/blog/kukicha-gruener-tee-mit-stiel?srsId=AfmBOoo2Lt3TXprxelWQ6GjUuN-vLOS8iadSEb6rRsnleEEtjTMqvfy0N> Stand 29.08.2024
- Li S., Zhang L., Wan X., Zhan J., Ho C. (2022). Focusing on the recent progress of tea polyphenol chemistry and perspectives. *Food Science and Human Wellness* 11, 437-443. doi: 10.1016/j.fshw.2021.12.033
- Luft V. (o.J.). Was ist Bancha Tee; Qualitätsstufen; Inhaltsstufen und Wirkung; Zubereitung. Bancha-Tee. <https://www.bancha-tee.de/index.php> Stand 28.08.2024
- Matissek R., Fischer M., Steiner G. (2018). Hochleistungs-Flüssigchromatographie (HPLC). In: *Lebensmittelanalytik*. (S. 86-95). Köln, Stuttgart, Hamburg: Springer-Verlag GmbH
- Merck KGaA. (2023). Certified Reference Material-Certificate of Analysis. Merck KGaA. <https://www.sigmaaldrich.com/DE/de/product/cerillian/g016> Stand 17.08.2024
- Merck KGaA. (o.J.). Green Tea Catechin Mix. Merck KGaA. <https://www.sigmaaldrich.com/DE/de/product/cerillian/g016> Stand 30.08.2024
- Meyer L. (2017). Lineare Funktionen. In: *Das große Tafelwerk interaktiv 2.0 Formelsammlung für die Sekundärstufen I und II*. (S.21). Berlin: Cornelsen Verlag GmbH
- Meyer V. R. (2004). *Praxis der Hochleistungs-Flüssigchromatographie*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA
- Musial C., Kurban-Jankowska A., Gorska-Ponikowska M. (2020). Beneficial Properties of Green Tea Catechins. *International Journal of Molecular Sciences*, 21 (1744), 1-11. doi:10.3390/ijms21051744
- Namita P., Mukesh R., Vijay K. J. (2012). *Camellia Sinensis (Green Tea): A Review*. *Global Journal of Pharmacology*, 6 (2), 52-59, ISSN 1992-0075
- Nio Teas GmbH. (2022). Alles, was Sie über Kukicha wissen müssen. Nio Teas GmbH. <https://nio-teas.de/blogs/stem-teas/kukicha> Stand 29.08.2024
- Rimbach G., Nagursky J., Erbersdobler H. F., (2015). Kaffee, Tee, Kakao. In: *Lebensmittel-Warenkunde für Einsteiger*. (283-312). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag
- Sasaki G.Y., Vodovotz Y., Yu Z., Bruno R. S. (2022). Catechin Bioavailability Following Consumption of a Green Tea Extract Confection Is Reduced in Obese persons without Affecting Gut Microbial-Derived Valerolactones. *Antioxidants*, 11 (2490), 1-16. doi: 10.3390/antiox11122490
- Sharifi-Rad M., Pezzani R., Redaelli M., Zorzan M., Imran M., Khalil A. A., Salehi B., Sharopov F., Cho W. C., Sharifi-Rad J. (2020). Preclinical Activities of Epigallocatechin Gallate in Signaling Pathways Cancer. *Molecules*, 25 (3), 1-29. doi: 10.3390/molecules25030467
- TERZA LUNA-TE (o.J.). Tamaryokucha BIO-Japanischer grüner Tee. TERZA LUNA-TE. <https://www.terzaluna.com/de/japanese-tea/organic-tamaryokucha> Stand 27.08.2024

- THIE-Tea & Herbal Infusions Europe. (o.J.). History of Tea. THIE-Tea & Herbal Infusions Europe. <https://thie-online.eu/products/history-of-tea.html> Stand 21.09.2024
- THIE-Tea & Herbal Infusions Europe. (o.J.). Tea growing countries. THIE-Tea & Herbal Infusions Europe. <https://thie-online.eu/products/tea/tea-growing-countries.html> Stand 06.08.2024
- THIE-Tea & Herbal Infusions Europe (2018). Tea Processing-Examples of Major Types of Tea and Corresponing Steps of Production. In: Compendium of Guidelines for Tea (*Camellia sinensis*). Tea & Herbal Infusions Europe, 5, (Annex 1). [https://thie-online.eu/files/thie/docs/2018-08-20\\_Compendium\\_of\\_Guidelines\\_for\\_Tea\\_ISSUE\\_5.pdf](https://thie-online.eu/files/thie/docs/2018-08-20_Compendium_of_Guidelines_for_Tea_ISSUE_5.pdf)
- VWR International. (o.J.) HPLC-System, Chromaster (Datenblatt). VWR International. [https://at.vwr.com/assetsvc/asset/de\\_AT/id/25381029/contents/chromaster-hplc-system.pdf](https://at.vwr.com/assetsvc/asset/de_AT/id/25381029/contents/chromaster-hplc-system.pdf) Stand 30.08.2024
- World Heath Organization. (2024). The top 10 causes of death. World Heath Organization. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death> Stand 01.10.2024
- Yang C. S., Lambert J. D., Sang S. (2009). Antioxidative and anti-carcinogenic activities of tea polyphenols. *Arch Toxicol*, 83 (11), 1-17, doi:10.1007/s00204-008-0372-0
- Yunomi.Life (o.J.). Tamaryokucha. Yunomi.Life. [https://yunomi.life/collections/tamaryokucha?srsltid=AfmBOopn31w5B7V5IIKfyIS2DTtnQR7JYSXEBdL5HP-\\_dh2CQj2LaGI](https://yunomi.life/collections/tamaryokucha?srsltid=AfmBOopn31w5B7V5IIKfyIS2DTtnQR7JYSXEBdL5HP-_dh2CQj2LaGI) Stand 27.08.2024
- Zhao T., Li C., Wang S., Song X. (2022). Green Tea (*Camellia sinensis*): A Review of Its Phytochemistry, Pharmacology, and Toxicology. *Molecules*, 27 (3909), 1-23. doi: 10.3390/molecules27123909

## Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere, dass ich vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe einer Quelle kenntlich gemacht.

Hamburg, 15.10.2024



Katrin Kromm