

Hydrolysiertes Kollagen: Geschmeidigkeit, Festigkeit, Stärke und Schönheit von innen

Kollagen Type I, II und III

Kollagen, ein wichtiges körpereigenes Protein, ist das wichtigste Strukturprotein in Haut, Sehnen und Knochen. Es sorgt hauptsächlich für den **Zusammenhalt und die Festigkeit von Geweben wie Knochen, Knorpeln, Sehnen, Bändern, Haut und Blutgefäßen**. [1] Kollagen ist sozusagen der Klebstoff, der unseren Körper zusammenhält.

Mit zunehmendem Alter bildet der Körper immer weniger Kollagen.

So ist zum Beispiel die gesamte Kollagenproduktion im Körper im Alter von 80 Jahren um 75 % zurückgegangen. Andere Faktoren bestimmen ebenfalls den Grad des Kollagenverlustes. Dazu gehören Sonneneinstrahlung, das Vorhandensein von freien Radikalen im Körper, ungesunde Ernährung, Rauchen und Alkoholkonsum. [2] Ein Kollagenenergänzungspräparat kann das Kollagenniveau im Körper aufrechterhalten. **Hydrolysiertes Kollagen wird am besten aufgenommen und ist daher zu bevorzugen.**

Kollagen wird aus Kollagenfasern aufgebaut. Eine Kollagenfaser besteht aus mehreren Kollagenfibrillen, die durch lange Zuckerketten – Glykosaminyglykane bzw. GAGs – miteinander verbunden werden. Bekannte und weit verbreitete GAGs sind **Hyaluronsäure und Chondroitinsulfat**. Hyaluronsäure zieht Wasser an und besitzt daher hydratierende Eigenschaften. Darüber hinaus sorgen die GAGs für Stärke und Widerstandsfähigkeit. Die Kollagenfibrillen bestehen aus einer Dreifachhelix, die aus drei umeinander gedrehten α -Strängen gebildet wird. Kollagen hat daher eine sehr stabile Struktur. Die häufigsten Aminosäuren sind **Glycin** (33 %), **Prolin** und **Hydroxyprolin** (zusammen 22 %). (siehe Abbildung 1) [2-5]

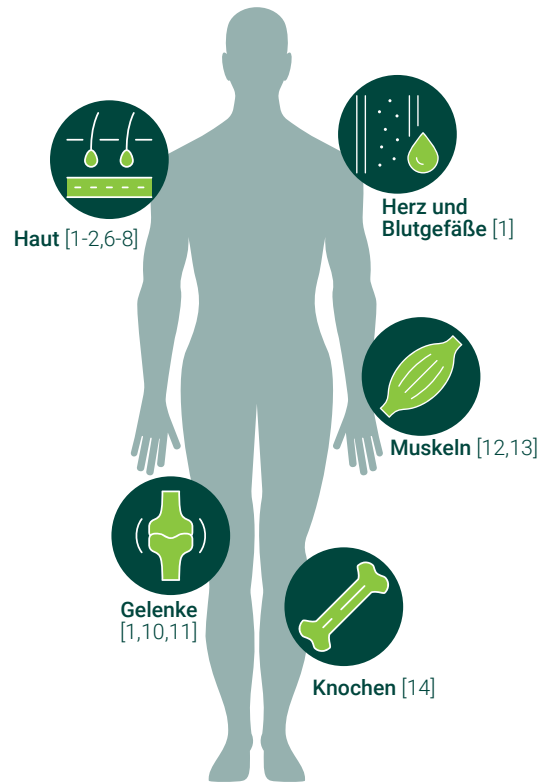


Abbildung 1. Funktionen des Kollagens im Körper

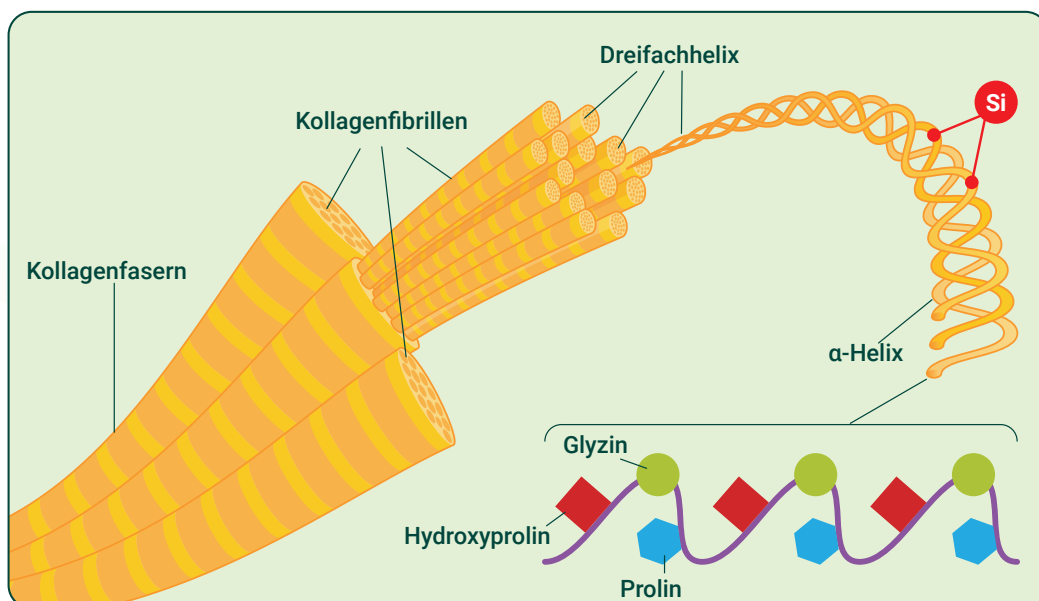


Abbildung 2. Aufbau der Kollagenfaser. Silicium (Si) ist ein wesentlicher Kofaktor für die Synthese und Mineralisierung von Kollagen.

Insgesamt wurden etwa 28 verschiedene Arten von Kollagen identifiziert. Die Art des Kollagens hängt von seiner Herkunft ab. Die häufigsten Typen sind Typ I, II und III. **Eine Nahrungsergänzung, die die drei Typen kombiniert, ist** aufgrund der unterschiedlichen Funktionen der einzelnen Typen und der verschiedenen Gewebe, in denen sie vorkommen, **sehr vielseitig**.

	Kollagen Typ I	Kollagen Typ II	Kollagen Typ III
Funktion/ Anwendung	Membranen für die Geweberegenerierung	Knorpelreparatur, Arthrosebehandlung	Material für die Gewebeversiegelung,
Gewebe/Organ	Haut, Knochen, Zähne, Sehnen, Bänder, Lunge, Herz, Blutgefäße	Knorpel	Haut, Muskeln, Blutgefäße, Retikulinfasern (Faserart im Bindegewebe)

Tabelle 1. Die häufigsten Kollagentypen, wo sie hauptsächlich vorkommen und ihre Funktion [1,2].

Hydrolyse verbessert die Bioverfügbarkeit

Hydrolysiertes Kollagen ist das am häufigsten in Nahrungsergänzungsmitteln verwendete Kollagen. Bei der Hydrolyse wird das Kollagenprotein mit Hilfe von proteolytischen Enzymen in kleinere Kollagenpeptide zerlegt. Diese haben ein Molekulargewicht (3-6 Kilodalton (kDa)), das weit unter dem ursprünglichen Molekulargewicht von Kollagen (+/- 300 kDa) liegt (siehe Abbildung 2). [2]

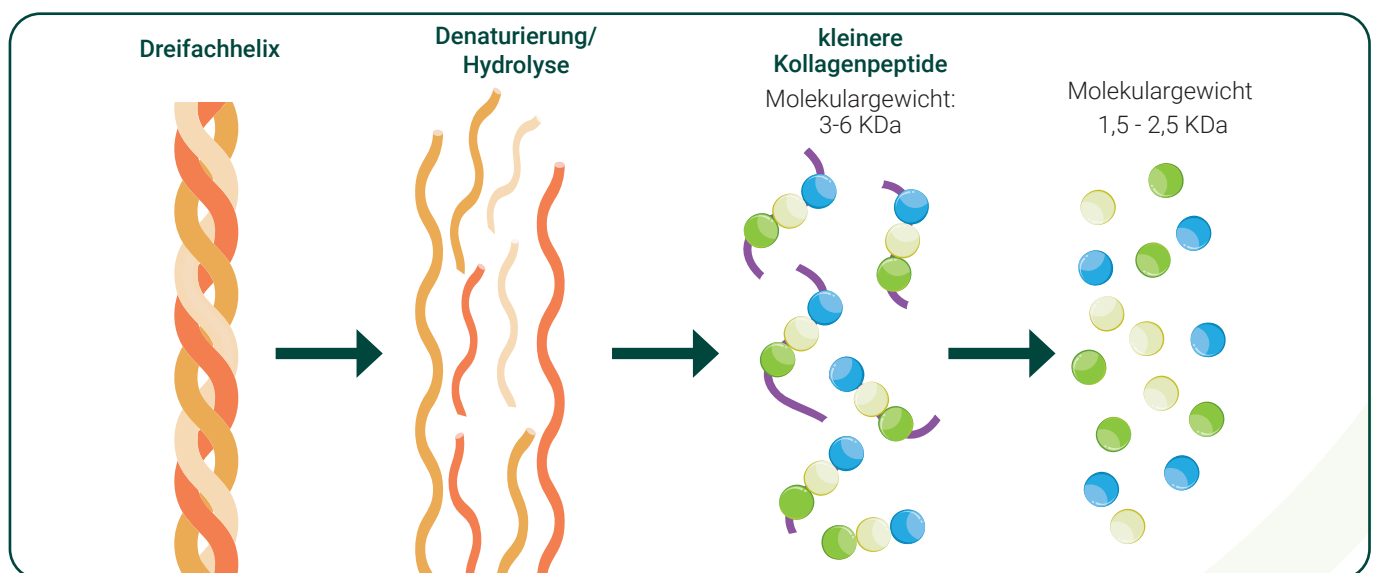


Abbildung 3. Hydrolyse von Kollagenprotein.

Die enzymatische Hydrolyse verändert nicht nur die Größe der Peptide, sondern auch ihre Eigenschaften. Hydrolysiertes Kollagen hat mehrere Vorteile. Es hat etwa eine **höhere therapeutische Wirkung** und eine **höhere Bioverfügbarkeit**. Es kann daher leicht vom Körper aufgenommen werden. [2] Darüber hinaus hat hydrolysiertes Kollagen auch eine **hohe Löslichkeit**. Es kann daher leicht mit etwas Wasser eingenommen werden. [1]

Extraktionsquelle

Kollagen kann aus diversen Quellen extrahiert werden. Die wichtigsten Quellen sind Rind, Schwein, Huhn und Fisch. Die Herkunft des Kollagens bestimmt, welche Typen es enthält. So kommt Kollagen Typ I hauptsächlich in Fischkollagen vor, während Kollagen Typ II ursprünglich aus Hühner- und Rinderkollagen stammt. Eine Mischung aus Kollagen Typ I und Typ III wiederum erhält man aus Rinder- wie auch Schweinekollagen. [1] Es ist wichtig, dass das Kollagen aus einer **natürlichen Quelle stammt, in der keine Antibiotika, Wachstumshormone oder gentechnisch veränderte Lebensmittel verwendet wurden**.

Wichtigste Anwendungen

Verbesserung der Haut

Kollagen ist einer der wichtigsten **Strukturbestandteile der Haut**. Diese besteht nämlich zu 85-90 % aus Kollagen Typ I und zu 10-15 % aus Kollagen Typ III. [1] Die Supplementierung von Kollagen ist daher im Bereich der Hautverbesserung gut bekannt.

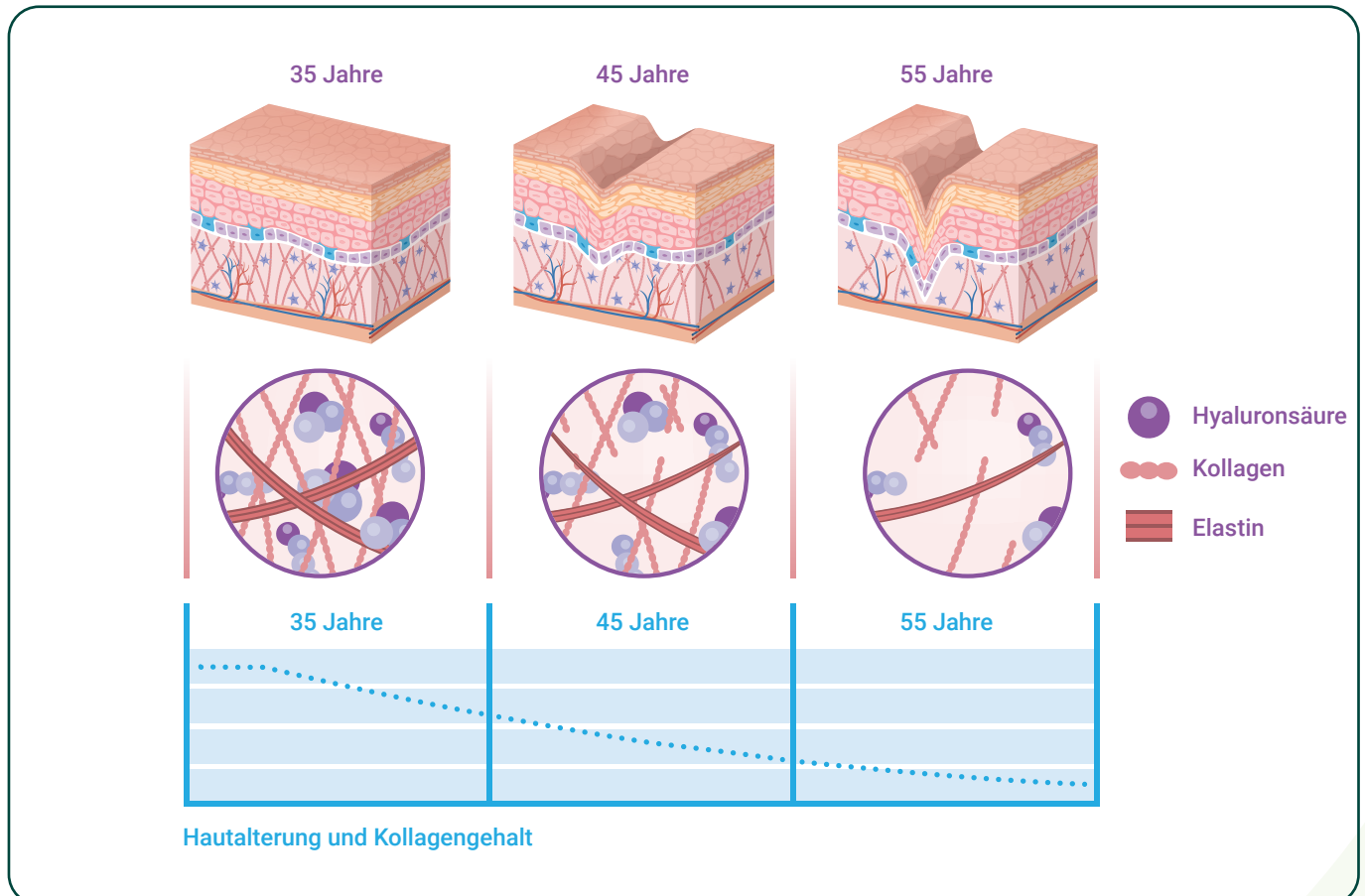


Abbildung 4. Im Alter von 35 Jahren weist die Haut eine stabile Verbindung von Kollagenfasern auf. Hyaluronsäure und Elastin sind ausreichend vorhanden. Mit der Hautalterung nimmt die Menge an Kollagen, Hyaluronsäure und Elastin ab.

Die Haut besteht aus 3 Schichten: der Epidermis, der Dermis und der Hypodermis. Kollagen kommt hauptsächlich in der Dermis oder Lederhaut vor. [6] Die Supplementierung mit hydrolysiertem Kollagen wirkt auf diese Lederhaut auf zwei verschiedene Arten. Zum einen liefert es **Bausteine für die Bildung von Kollagen- und Elastinfasern**. Andererseits bindet es sich an die Rezeptoren der Membran der Fibroblasten und stimuliert so die **Produktion von neuem Kollagen, Elastin und Hyaluronsäure**. [2] Unter anderem dadurch, dass es die tieferen Hautschichten erreicht, verbessert hydrolysiertes Kollagen die Hydratation, Elastizität [7] und Festigkeit der Haut. [2, 8] Es reduziert auf diese Weise Falten und sorgt für eine Hautverjüngung. [1-2, 6-8] Beschädigte Kollagenfasern sind nämlich eine der Hauptursachen für die Hautalterung (siehe Abbildung 3). [1]

Auch bei der **Wundheilung und bei Verbrennungen** erzielt Kollagen hervorragende Ergebnisse. So haben Untersuchungen [9] gezeigt, dass die Zufuhr von hydrolysiertem Kollagen die Wundheilung bei Männern mit Verbrennungen auf 20-30 % des Körpers deutlich verbessert hat.

Gelenke

Osteoarthritis, eine häufige Gelenkerkrankung, wird durch den Abbau von Gelenkknorpel verursacht. [1] Da Kollagen der Hauptbestandteil des Knorpels ist, stößt seine Supplementierung auf großes Interesse bei der Behandlung von Arthrose. Die Verwendung von hydrolysiertem Kollagen scheint besonders bei der **Vorbeugung von Gelenkbeschwerden und beim Auftreten von Arthrose** nützlich zu sein. [10] Darüber hinaus wird Kollagen auch bei Sportlern immer beliebter. Es lindert nämlich Gelenkschmerzen bei Sportlern und hält die Gelenke länger gesund. [11]

Muskeln

Eine Supplementierung mit hydrolysiertem Kollagen (in Kombination mit Krafttraining) verbessert die Muskelkraft erheblich. [12,13] Es ist daher auch gut bei **Sarkopenie** einsetzbar, dem altersbedingten Muskel- und Kraftverlust. [12]

Knochen

Kollagen ist der bei weitem wichtigste Bestandteil der Knochenmasse. Die Einnahme von Kollagen wird mit einer Veränderung der Knochenmarker in Verbindung gebracht, die auf eine verstärkte Knochenbildung und einen verringerten Knochenabbau hinweist. [14] Es **unterstützt daher die Knochenreparatur** [2] und kann die **Knochenmineraldichte erhöhen**. Aus diesem Grund kann hydrolysiertes Kollagen auch bei Frauen nach der Menopause, bei denen eine verminderte Knochenmineraldichte diagnostiziert wurde, von Nutzen sein.

Blutgefäße

Auch unsere Blutgefäße bestehen aus Kollagen (hauptsächlich Typ I und III). Es ist hauptsächlich für die **Elastizität der Blutgefäße** verantwortlich. Wenn wir altern und weniger Kollagen produzieren, nimmt die Elastizität unserer Blutgefäße ab. Infolgedessen wird Kollagenmangel unter anderem auch mit Bluthochdruck, Aorten- und Arterienaneurysmen in Verbindung gebracht [1].

Darmgesundheit

Das Darmepithel fungiert als aktive Barriere zwischen der Außenwelt und dem Körper. Es schützt den Organismus vor Toxinen und reguliert die intestinale Homöostase und die Nährstoffaufnahme. Eine Regulationsstörung oder ein Verlust der Integrität der Darmbarriere infolge von Stress, Infektion oder Entzündung wird mit u. a. Lebensmittelallergien, entzündlichen Darmerkrankungen, Zöliakie, Reizdarmsyndrom und Diabetes Typ I in Verbindung gebracht. Die Barrierefunktion wird von den Tight Junctions sichergestellt. Funktion und strukturelle Integrität dieser Tight Junctions werden von u. a. entzündungsfördernden Zytokinen, Antigenen und Pathogenen beeinflusst. Eines dieser Zytokine, der Tumornekrosefaktor-alpha (TNF- α), erhöht die intestinale Permeabilität. Kollagen verringert die durch den TNF- α induzierte Funktionsstörung der Tight-Junctions-Barriere signifikant. [15-16]

Daher kann eine Kollagenergänzung bei der Behandlung von Magen-Darm-Erkrankungen von Nutzen sein. So zeigen Studien, dass Kollagen zu einer Verringerung eines aufgedunsenen Gefühls und einer Verbesserung der Stuhlgangsfrequenz führt, und das ohne anderweitige Intervention oder Empfehlung hinsichtlich Ernährung oder Lebensstil. [17]

Eiweißquelle bei Empfindlichkeit gegenüber Kuhmilch

Hydrolysiertes Kollagenpulver ist ein **milchfreies Proteinpulver**. Es enthält ein breites Aminosäureprofil mit einem hohen Anteil an BCAAs (branched chain amino acids oder verzweigtkettige Aminosäuren), Leucin, Isoleucin und Valin. Aus diesem Grund ist es eine ideale Eiweißquelle für Menschen, die empfindlich auf Kuhmilchprodukte reagieren und daher keine Molkeprotein-Shakes vertragen.

In Synergie mit Kollagen

Nährstoff	Synergetische Wirkung
Zink	• Stimuliert das Chondrozytenwachstum und die Kollagenproduktion [18] • Nachgewiesene Wirkung bei der Hautreparatur, die Haut gehört zu den zinkreichen Geweben. [19] Zinkmangel wird mit Akne und verschiedenen entzündlichen Hauterkrankungen wie atopischer Dermatitis in Verbindung gebracht [20]
Vitamin C	• Starkes Antioxidans, das in der Lage ist, reaktive Sauerstoffpartikel zu unterdrücken, die die Kollagensynthese in den Keimblättern hemmen • Wesentlich für die Kollagensynthese. Es fördert die Umwandlung von Prolin und Lysin, wobei Hydroxyprolin bzw. Hydroxylysin entsteht. Dies ist für die Synthese des Kollagenvorläufers Prokollagen erforderlich • Stimuliert die Kollagenproduktion durch Fibroblasten [21-22]
Mangan	• Cofaktor für Enzyme, die an der Synthese von Glykosaminoglykanen und Kollagen im Knorpel beteiligt sind [23] • Stimuliert die Knochenmatrixsynthese und ist daher wichtig für die Integrität des Skeletts bei Erwachsenen [24] • Wichtiges Element für den Schutz vor reaktiven Sauerstoffspezies (ROS) [25]
Vitamin E	• Wirksames Antioxidans [26] • Entzündungshemmende Eigenschaften [26] • Osteoporosehemmende Eigenschaften [27-28]
Biotin	• Ist für die Produktion von Keratin erforderlich und trägt somit wesentlich zum gesunden Haar- und Nagelwachstum bei [29] • Bildet ein wichtiges Baumaterial für Haare, Nägel und Haut [30] • Nützlich für die Gesunderhaltung der Haut und fördert Wundheilungsprozesse [30]

Tabelle 2. Nährstoffe in Synergie mit Kollagen.

Einzigartige Rolle von Silicium

Silicium ist nach Sauerstoff das am häufigsten vorkommende Element der Erde. [31] So ist Silicium in verschiedenen menschlichen Geweben weit verbreitet, wo es eine wichtige Rolle bei der Kollagensynthese spielt. Es stimuliert die Kollagenbildung durch Fibroblasten und ist für die Bildung von Vernetzungen zwischen Kollagen und Proteoglykanen erforderlich. Außerdem ist es in der Lage, sich an Glykosaminoglykane zu binden, die ein wichtiger Bestandteil von kollagenreichem Gewebe sind. [32-33]

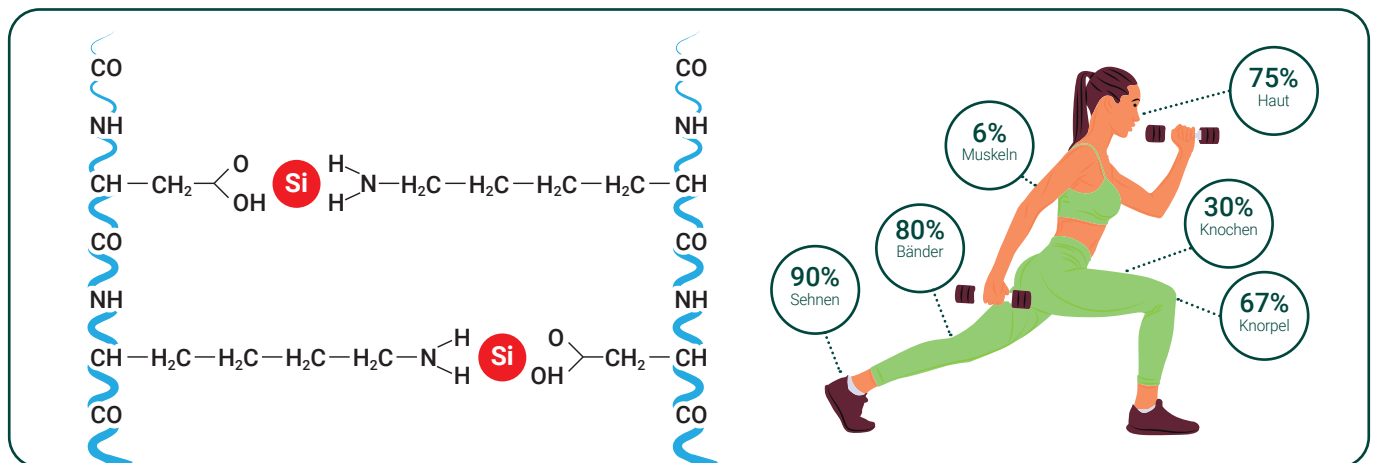


Abbildung 5. Silicium nimmt einen wichtigen Platz im menschlichen Körper ein. Durch seine Verbindung mit Kollagen, Elastin, Keratin und Proteoglykanen trägt Silicium zur Architektur, Festigkeit, Haltbarkeit und Elastizität des Bindegewebes bei. [34]

Aufgrund dieser Eigenschaften ist Silicium unter anderem aktiv an der Vorbeugung von Osteoporose und Hautalterung, am Gesamtzustand von Haaren und Nägeln und an der Verringerung des Risikos von Arteriosklerose beteiligt. [35]

Die richtige Form für eine gute Aufnahme

Ob Silicium gut absorbiert wird, hängt von der Form ab, in der es vorliegt. Diese Form wird teilweise durch den Polymerisationsgrad bestimmt. Die monomere Orthokieselsäure ($\text{Si}(\text{OH})_4$ oder Kieselsäure) ist die am häufigsten in Pflanzen und Körperflüssigkeiten vorkommende monomere Kieselsäure. Es handelt sich um ein kleines, neutral geladenes Molekül, das im Magen-Darm-Trakt viel leichter absorbiert werden kann als die größeren, geladenen Oligomere oder Polymere und kolloidalen Spezies. [36]

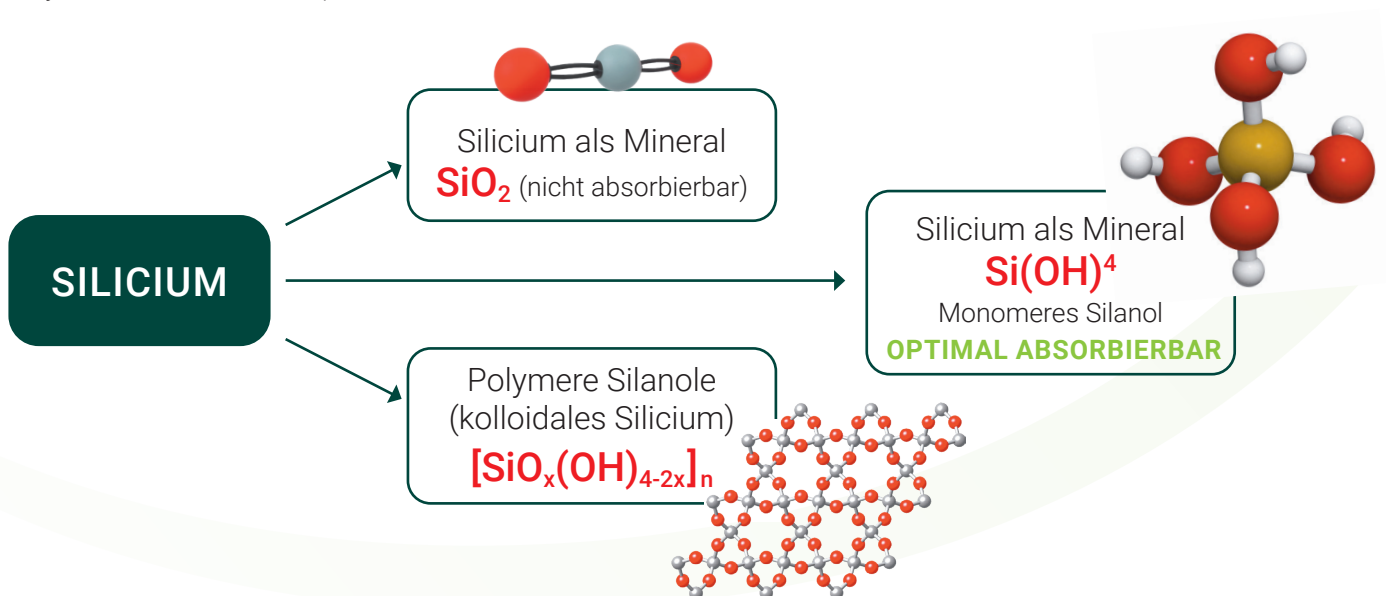


Abbildung 6. Die verschiedenen Formen von Silicium. Monomere Silanole werden leicht aufgenommen. Die Absorption nimmt mit zunehmender Polymerisation ab. [36]

Die monomere Orthokieselsäure ist instabil. Um die Polymerisation zu begrenzen, muss sie daher stabilisiert werden. So wurde die „organische bioaktive Orthokieselsäure“ entwickelt, eine Orthokieselsäure, die durch ein einzigartiges Stabilisierungsverfahren gewonnen wird, bei dem ihre monomere Form erhalten bleibt. **Organische bioaktive Orthokieselsäure weist eine sehr hohe Bioverfügbarkeit auf.** Nach der Einnahme dieser stabilisierten Form wird die Orthokieselsäure aus dem Komplex freigesetzt und in das Blut aufgenommen. [37]

Wissenschaftliche Fragen?

Möchten Sie gerne weitere wissenschaftliche Informationen oder Empfehlungen? Sie können uns erreichen über:

- E-Mail: science@energeticanatura.com

Energetica Natura Academy

Interessiert an qualitativer Weiterbildung durch inspirierende Experten?

Dann sind die wissenschaftlich fundierten, praxisorientierten Kurse der Energetica Natura Academy genau das Richtige für Sie.

Die Energetica Natura Academy bietet:

- Schulungen auf hohem Niveau für Fachpublikum
- International renommierte, inspirierende Redner
- Eine wachsende Community von Gesundheitsexperten
- Eine durchschnittliche Zufriedenheitsbewertung von 4,25 / 5 für unsere Kurse, vergeben durch unsere Teilnehmer/Innen

Mehr wissen? **Eine Übersicht über alle Schulungen, Termine und die Möglichkeit, sich sofort anzumelden, finden Sie [hier](#).**

Energetica Natura Germany GmbH
Siemensstraße 31
47533 Kleve
Tel.nr: 02821 790 7300
kontakt@energeticanatura.com

Referenzen

1. Wang H. A Review of the Effects of Collagen Treatment in Clinical Studies. *Polymers (Basel)*. 2021. DOI:10.3390/polym13223868.
2. León-López A, Morales-Peñaloza A, Martínez-Juárez VM, et al. Hydrolyzed Collagen-Sources and Applications. *Molecules*. 2019. DOI:10.3390/molecules24224031.
3. Asserin J, Laté E, Shioya T, et al. The effect of oral collagen peptide supplementation on skin moisture and the dermal collagen network: evidence from an ex vivo model and randomized, placebo-controlled clinical trials. *J Cosmet Dermatol*. 2015. DOI: 10.1111/jocd.12174.
4. Bi Y, Patra P, Faezipour M. Structure of collagen-glycosaminoglycan matrix and the influence to its integrity and stability. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc*. 2014. DOI: 10.1109/EMBC.2014.6944488.
5. Al Makhzoomi AK, Kirk TB, Dye DE, et al. Contribution of glycosaminoglycans to the structural and mechanical properties of tendons - A multiscale study. *J Biomech*. 2021. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2021.110796.
6. Lupu MA, Gradişteanu Pircalabioru G, Chifiriuc MC, et al. Beneficial effects of food supplements based on hydrolyzed collagen for skin care (Review). *Exp Ther Med*. 2020. DOI:10.3892/etm.2019.8342.
7. Proksch E, Segger D, Degwert J, et al. Oral supplementation of specific collagen peptides has beneficial effects on human skin physiology: a double-blind, placebo-controlled study. *Skin Pharmacol Physiol*. 2014. DOI: 10.1159/000351376.
8. Choi FD, Sung CT, Juhasz ML, et al. Oral Collagen Supplementation: A Systematic Review of Dermatological Applications. *J Drugs Dermatol*. 2019. PMID: 30681787.
9. Bagheri Miyab K, Alipoor E, Vaghardost R, et al. The effect of a hydrolyzed collagen-based supplement on wound healing in patients with burn: A randomized double-blind pilot clinical trial. *Burns*. 2020. DOI: 10.1016/j.burns.2019.02.015.
10. Mobasheri A, Mahmoudian A, Kalvaytue U, et al. A White Paper on Collagen Hydrolyzates and Ultrahydrolyzates: Potential Supplements to Support Joint Health in Osteoarthritis? *Current rheumatology Rep*. 2021. DOI:10.1007/s11926-021-01042-6.
11. Clark KL, Sebastianelli W, Flechsenhar KR, et al. 24-Week study on the use of collagen hydrolysate as a dietary supplement in athletes with activity-related joint pain. *Curr Med Res Opin*. 2008. DOI: 10.1185/030079908x291967.
12. Zdzienicka D, Oesser S, Baumstark MW, et al. Collagen peptide supplementation in combination with resistance training improves body composition and increases muscle strength in elderly sarcopenic men: a randomized controlled trial. *Br J Nutr*. 2015. DOI: 10.1017/S0007114515002810.
13. Kirmse M, Oertzen-Hagemann V, de Marées M, et al. Prolonged Collagen Peptide Supplementation and Resistance Exercise Training Affects Body Composition in Recreationally Active Men. *Nutrients*. 2019. DOI:10.3390/nu1105115.
14. König D, Oesser S, Scharla S, et al. Specific Collagen Peptides Improve Bone Mineral Density and Bone Markers in Postmenopausal Women - A Randomized Controlled Study. *Nutrients*. 2018. DOI: 10.3390/nu10010097.
15. Abrahams M, O'Grady R, Prawitt J. Effect of a Daily Collagen Peptide Supplement on Digestive Symptoms in Healthy Women: 2-Phase Mixed Methods Study. *JMIR Form Res*. 2022 May 31;6(5):e36339. doi: 10.2196/36339. PMID: 35639457; PMCID: PMC9198822.
16. Chen Q, Chen Q, Martins IM, et al. Collagen peptides ameliorate intestinal epithelial barrier dysfunction in immunostimulatory Caco-2 cell monolayers via enhancing tight junctions. *Food Funct*. 2017. DOI: 10.1039/c6fo01347c.
17. Abrahams M, O'Grady R, Prawitt J. Effect of a Daily Collagen Peptide Supplement on Digestive Symptoms in Healthy Women: 2-Phase Mixed Methods Study. *JMIR Form Res*. 2022. DOI: 10.2196/36339.
18. Dennis JE, Splawn T, Kean TJ. High-Throughput, Temporal and Dose Dependent, Effect of Vitamins and Minerals on Chondrogenesis. *Front Cell Dev Biol*. 2020. DOI: 10.3389/fcell.2020.00092.
19. Ogawa Y, Kinoshita M, Shimada S, et al. Zinc and Skin Disorders. *Nutrients*. 2018. DOI: 10.3390/nu10020199.
20. Dhaliwal S, Nguyen M, Vaughn AR, et al. Effects of Zinc Supplementation on Inflammatory Skin Diseases: A Systematic Review of the Clinical Evidence. *Am J Clin Dermatol*. 2020. DOI: 10.1007/s40257-019-00484-0.
21. Nomoto T, Iizaka S. Effect of an Oral Nutrition Supplement Containing Collagen Peptides on Stratum Corneum Hydration and Skin Elasticity in Hospitalized Older Adults: A Multicenter Open-label Randomized Controlled Study. *Adv Skin Wound Care*. 2020. DOI: 10.1097/01.ASW.0000655492.40898.55.
22. Shaw G, Lee-Barthel A, Ross ML, et al. Vitamin C-enriched gelatin supplementation before intermittent activity augments collagen synthesis. *Am J Clin Nutr*. 2017. DOI: 10.3945/ajcn.116.138594.
23. Li G, Cheng T, Yu X. The Impact of Trace Elements on Osteoarthritis. *Front Med (Lausanne)*. 2021. DOI: 10.3389/fmed.2021.771297.
24. Zofková I, Nemcikova P, Matucha P. Trace elements and bone health. *Clin Chem Lab Med*. 2013. DOI: 10.1515/cclm-2012-0868.
25. Erikson KM, Aschner M. Manganese: Its Role in Disease and Health. *Met Ions Life Sci*. 2019. DOI: 10.1515/9783110527872-016.
26. Liu X, Yang G, Luo M, et al. Serum vitamin E levels and chronic inflammatory skin diseases: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2021. DOI: 10.1371/journal.pone.0261259.
27. Vallibhakara SA, Nakpalat K, Sophonsritsuk A, et al. Effect of Vitamin E Supplement on Bone Turnover Markers in Postmenopausal Osteopenic Women: A Double-Blind, Randomized, Placebo-Controlled Trial. *Nutrients*. 2021. DOI: 10.3390/nu13124226.
28. Wong SK, Mohamad NV, Ibrahim N, et al. The Molecular Mechanism of Vitamin E as a Bone-Protecting Agent: A Review on Current Evidence. *Int J Mol Sci*. 2019. DOI: 10.3390/ijms20061453.
29. Patel DP, Swink SM, Castelo-Soccio L. A Review of the Use of Biotin for Hair Loss. *Skin Appendage Disord*. 2017. DOI: 10.1159/000462981.
30. Grafe F, Wohlrab W, Neubert RH, et al. Transport of biotin in human keratinocytes. *J Invest Dermatol*. 2003. DOI: 10.1046/j.1523-1747.2003.12058.x.
31. Marcowycz A, Housez B, Maudet C, et al. Digestive absorption of silicon, supplemented as orthosilicic acid-vanillin complex. *Mol Nutr Food Res*. 2015. DOI: 10.1002/mnfr.201400881.
32. Ziola-Frankowska A, Kubaszewski Ł, Dąbrowski M, et al. Interrelationship between silicon, aluminum, and elements associated with tissue metabolism and degenerative processes in degenerated human intervertebral disc tissue. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2017. DOI: 10.1007/s11356-017-9588-y.
33. Rondanelli M, Faliva MA, Peroni G, et al. Silicon: A neglected micronutrient essential for bone health. *Exp Biol Med (Maywood)*. 2021. DOI: 10.1177/1535370221997072.
34. Reffitt DM, Ogston N, Jugdaohsingh R, et al. Orthosilicic acid stimulates collagen type 1 synthesis and osteoblastic differentiation in human osteoblast-like cells in vitro. *Bone*. 2003. DOI: 10.1016/s8756-3282(02)00950-x.
35. Martin KR. Silicon: the health benefits of a metalloid. *Met Ions Life Sci*. 2013. DOI: 10.1007/978-94-007-7500-8_14.
36. Sripanyakorn S, Jugdaohsingh R, Dissayabutr W, et al. The comparative absorption of silicon from different foods and food supplements. *Br J Nutr*. 2009. DOI: 10.1017/S0007114509311757.
37. Marcowycz A, Housez B, Maudet C, et al. Digestive absorption of silicon, supplemented as orthosilicic acid-vanillin complex. *Mol Nutr Food Res*. 2015. DOI: 10.1002/mnfr.201400881.

ENERGETICA
Natura

WISSENSCHAFTLICHE INFORMATION