



eSupplement

Alkohol - Zufuhr in Deutschland, gesundheitliche sowie soziale Folgen und Ableitung von Handlungsempfehlungen

Position der Deutschen Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE)

Autor*innen: Margrit Richter, Jessica Tauer, Johanna Conrad, Eleonore Heil, Anja Kroke, Kiran Virmani, Bernhard Watzl für die Deutsche Gesellschaft für Ernährung

Tabelle e1: Zusammenhänge zwischen Alkoholkonsum und nicht übertragbaren Krankheiten sowie ausgewählte potenzielle Wirkmechanismen

Tabelle e2: Einflussfaktoren auf die ökologische Nachhaltigkeit von alkoholischen Getränken

Tabelle e3: Indikatoren zur Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit von alkoholischen Getränken

Tabelle e4: Auflistung der Maßnahmen zur Einschränkung des Alkoholkonsums und Prävention von Gesundheitsschäden des *Global Information System on Alcohol and Health* (GISAH) [139]

Tab. e1: Zusammenhänge zwischen Alkoholkonsum und nicht übertragbaren Krankheiten sowie ausgewählte potenzielle Wirkmechanismen

Nicht übertragbare Krankheit	Zusammenhänge zwischen Alkoholfuhr und der Krankheit	Ausgewählte potenzielle Wirkmechanismen
Adipositas	<ul style="list-style-type: none"> • Der Zusammenhang zwischen dem Konsum alkoholischer Getränke und Übergewicht bzw. Adipositas ist komplex und widersprüchlich [1]. • Getränkeart (Wein risikosenkend, Bier und Spirituosen risikoh erhöhend), Konsumgewohnheiten und Geschlecht sind Faktoren, die den Zusammenhang zwischen Alkoholkonsum und Körpergewicht beeinflussen: bei Frauen ist ein leichter bis mäßiger Alkoholkonsum mit einem niedrigeren Gewicht verbunden, bei Männern ein moderater Konsum mit höherem Gewicht [2, 3]. • Ein systematisches Review mit Metaanalyse von Kohortenstudien zeigte keine statistisch signifikanten Zusammenhänge [4]. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alkohol ist sehr energiereich, löst im Vergleich zu fester Nahrung nur ein schwaches Sättigungsgefühl aus, hemmt die Fettoxidation und kann die Nahrungsaufnahme anregen; metabolische und psychologische Mechanismen sind noch nicht vollständig geklärt [5]. • Die durch Alkohol zugeführte Energie wird häufig nicht durch eine geringere Nahrungsaufnahme kompensiert; eine relativ geringe Alkoholdosis kann zu einem Anstieg des Lebensmittelkonsums führen [6]: Stimulation der Fett- und Proteinzufuhr meist bei niedriger Alkoholfuhr; geringere Kohlenhydratzufuhr bei häufiger, hoher Alkoholfuhr [7]. • Unklar, ob es eine Abhängigkeit der Zusammenhänge zwischen Alkoholkonsum und Körpermaßen von einer genetischen Veranlagung zu Adipositas gibt [8–10].
Krebserkrankungen¹	<ul style="list-style-type: none"> • Alkoholkonsum erhöht das Risiko für Krebserkrankungen der Brust sowie des Mundes, des Rachens und des Kehlkopfs, der Speiseröhre (Plattenepithelkarzinom), des Magens, der Leber, des Pankreas und des Dickdarms [11–25]. • Zwischen dem Konsum von bis zu 30 g Alkohol pro Tag und Nierenkrebs wurde eine risikosenkende Assoziation beobachtet [13, 26]. • Der Anstieg des Krebsrisikos bei zunehmender durchschnittlicher täglicher Alkoholmenge ist auf einer exponentiellen Skala linear; allerdings variiert das Ausmaß je nach Krebsart; insgesamt kann kein Schwellenwert für die Auswirkungen des Alkoholkonsums auf das Krebsrisiko angegeben werden [27, 28] 	<ul style="list-style-type: none"> • Es gibt verschiedene biologische Wege, über die Alkoholkonsum das Krebsrisiko beeinflussen kann. Die genauen Mechanismen sind jedoch oft unbekannt und variieren mit großer Wahrscheinlichkeit je nach Krebsart. • Der wichtigste biologische Faktor scheint die Gesamtexposition des Gewebes gegenüber Acetaldehyd zu sein [27], welches von der IARC als Karzinogen der Gruppe 1 für den Menschen eingestuft wurde [29]; Acetaldehyd beeinträchtigt die DNA-Replikation bei gleichzeitiger Hemmung der DNA-Reparaturmechanismen sowie die DNA-Methylierung; infolge von Alkoholkonsum gebildete reaktive Sauerstoffspezies können zu Entzündungen im Körper, Lipidperoxidation und folglich DNA-Schädigungen führen [30]. • Auch der Ein-Kohlenstoff-Stoffwechsel und die Folatkonzentration werden durch Ethanol beeinträchtigt [30]; der induzierte Folatmangel kann zu abweichenden DNA-Methylierungsprofilen führen und dadurch die krebsbedingte Genexpression beeinflussen [29].

		<ul style="list-style-type: none"> • Alkohol stimuliert die Aufnahme von Karzinogenen und deren Metabolismus und verändert die Zusammensetzung des Darmmikrobioms in einer Weise, die den Aldehydlevel erhöht [29]. • Alkohol kann die Serumkonzentrationen von Hormonen und damit verbundene Signalwege beeinflussen, was zu einem erhöhten Risiko für Brustkrebs und möglicherweise für Prostata-, Eierstock- und Gebärmutter Schleimhautkrebs führen kann [27]. • Alkohol weist eine starke Wechselwirkung mit Tabakrauchen, insbesondere im Hinblick auf seine karzinogenen Auswirkungen auf die Mundhöhle und die Speiseröhre, auf, da Alkohol als Lösungsmittel für Tabak-Karzinogene wirkt [27]; Zigarettenrauchen und Alkoholkonsum wirken synergistisch in Bezug auf ein erhöhtes Krebsrisiko verschiedener Lokalisationen [31, 32]. • Genetische Polymorphismen von Genen des Alkoholstoffwechsels führen zu Unterschieden zwischen Individuen bei möglichen karzinogenen Auswirkungen bzw. dem Krebsrisiko [27, 33–37]. • Die Erhöhung der Insulinsensitivität (siehe Diabetes mellitus) verringert das Risiko für Nierenkrebs; im Gegensatz dazu ist die Insulinresistenz ein Risikofaktor für Krebs, unabhängig von anderen Risikofaktoren [27].
Kardiovaskuläre Erkrankungen	<ul style="list-style-type: none"> • Der Zusammenhang zwischen Alkoholkonsum und kardiovaskulären Erkrankungen ist komplex: bei geringem bis mäßigem Alkoholkonsum gibt es förderliche und schädliche Auswirkungen, auch abhängig von Alter und Komorbiditäten; starker Alkoholkonsum erhöht das Risiko für zahlreiche Krankheiten und kardiovaskulär bedingte Mortalität [27, 38, 39]. • Günstige Auswirkungen bei geringem bis mäßigem Alkoholkonsum sind vor allem bei ischämischen Krankheiten zu beobachten, d. h. bei ischämischen Herzkrankheiten und ischämischem Schlaganfall [40, 39, 41–43]; die schützenden Auswirkungen des Alkoholkonsums auf ischämische kardiovaskuläre Erkrankungen werden möglicherweise wegen Verzerrungen in den Vergleichsgruppen überschätzt [40, 44]. 	<ul style="list-style-type: none"> • (Unregelmäßiger) starker Alkoholkonsum kann ungünstige Auswirkungen auf die Blutfette (mit erhöhtem Risiko einer Koronararterienkrankung) und auf die Blutgerinnung (mit erhöhtem Thromboserisiko) haben sowie zu Beeinträchtigung des Leitungssystems (erhöhtes Risiko für Herzrhythmusstörungen) führen. Ein alkoholbedingter akuter oder anhaltender Bluthochdruck sowie Typ-2-Diabetes sind Risikofaktoren für Herz-Kreislauf-Erkrankungen und -Sterblichkeit [49–53]. • Übermäßiger Alkoholkonsum führt zu klinisch signifikanten Veränderungen von EKG-Variablen [54] und einer verschlechterten Endothelfunktion [55]; Alkoholkonsum zählt zu den veränderbaren Risikofaktoren für die Atherosklerose der Halsschlagader, welche ein Risikofaktor für Schlaganfall ist [56]. • Grundlegende biologische Mechanismen für positive Effekte auf ischämische Krankheiten sind günstige Veränderungen bei mehreren

	<ul style="list-style-type: none"> • Chronisch starker Alkoholkonsum erhöht das Risiko für <ul style="list-style-type: none"> ○ Hypertonie [27, 45–47]; bei Frauen wurde bei einem geringen bis mäßigen Konsum keine Risikoerhöhung festgestellt [45, 46], ○ Vorhofflimmern und –flattern [27, 48]; für einen moderaten Alkoholkonsum wurde ein erhöhtes Risiko bei Männern, nicht aber bei Frauen festgestellt; für beide Geschlechter zusammen zeigten sich keine Assoziationen bei geringem Alkoholkonsum [48], ○ Kardiomyopathie [27], ○ Ischämische Herzkrankheit [27], ○ Schlaganfall [27, 43]. 	<p>Surrogatmarkern für das kardiovaskuläre Risiko, wie z. B. höhere Werte von HDL-Cholesterol und Adiponektin und niedrigere Fibrinogenwerte [51, 57]; moderater Alkoholkonsum führt zudem durch alkoholinduzierte Veränderungen im Lipidprofil und bei Entzündungsparametern zu einem gesenkten Arterioskleroserisiko; heterogene Ergebnisse können auf unterschiedliches Trinkverhalten oder genetische Einflüsse, insbesondere der ALDH2-Polymorphismus [58], zurückzuführen sein [27].</p> <ul style="list-style-type: none"> • Neben dem mit Weinkonsum einhergehenden gesundheitsfördernden Lebensstil werden den in Rotwein enthaltenen Phenolverbindungen antioxidative und entzündungshemmende Eigenschaften zugeschrieben, die so Insulinresistenz und Folgen von oxidativem Stress verringern könnten. Bislang wurden die gesundheitsfördernden Wirkungen bei Herz-Kreislauf-Erkrankungen beim Menschen nicht eindeutig bestätigt. Zudem müssten mehrere Liter Wein konsumiert werden, um eine gesundheitsfördernde Menge zuzuführen [59, 60].
Lebererkrankungen	<ul style="list-style-type: none"> • Alkoholkonsum ist ein Risikofaktor für Lebererkrankungen (alkoholbedingte Subtypen umfassen alkoholische Hepatitis, Steatose, Steatohepatitis, Fibrose und Zirrhose); Studien zeigen einen kausalen Zusammenhang zwischen starkem Alkoholkonsum und einem erhöhten Risiko für Leberzirrhose und Leberkrebs [40, 27, 61, 62]. • Ein systematisches Review mit Metaanalyse zeigt eine positive Assoziation zwischen Alkoholkonsum und dem Risiko für Mortalität durch Lebererkrankungen [12]. • Bei gelegentlichem Konsum war kein erhöhtes Risiko für Leberzirrhose zu beobachten; die Heterogenität der eingeschlossenen Studien deutet auf zusätzliche Auswirkungen anderer Einflussfaktoren wie Genetik, Ernährung, Körpergewicht, metabolische Risikofaktoren und Trinkverhalten im Lebensverlauf hin [63]. 	<ul style="list-style-type: none"> • Während des Alkoholabbaus in der Leber kommt es zur Bildung reaktiver Sauerstoffspezies und gleichzeitig zur Reduktion des Gehalts an Antioxidantien, insbesondere bei der Verstoffwechslung des Ethanols mittels MEOS; dies führt zu Veränderungen der plasma- und intrazellulären Membranen, Lipidperoxidation und Freisetzung proinflammatorischer und profibrotischer Mediatoren [64]. • Eine verringerte Fettsäureoxidation führt zur Anhäufung freier Fettsäuren in der Leber und zu einer Akkumulation von Triglyceriden in den Hepatozyten sowie zu Hepatosteatose [64]. • Alkoholbedingte Veränderungen des Darmmikrobioms sowie der Darmbarriere führen zu Defiziten z. B. an kurzkettigen Fettsäuren und Spurenelementen, die die Immunfunktion beeinflussen sowie zu einem verstärkten Übergang bakterieller Toxine aus dem Darmlumen [65, 64]. • Das Risiko für eine alkoholbedingte Leberzirrhose hängt zum Teil mit genetischen Faktoren zusammen [66]; es werden daher verschiedene Polymorphismen im Zusammenhang mit dem Risiko für Leberzirrhose untersucht [67, 68].

Diabetes mellitus	<ul style="list-style-type: none"> • Alkohol kann in Bezug auf Diabetes mellitus (alle Formen) abhängig von Trinkgewohnheiten und von der beobachteten Bevölkerung nützlich oder schädlich wirken [27]. • Ein geringer bis moderater Alkoholkonsum ist mit einem verringerten Risiko für Typ-2-Diabetes assoziiert [40, 69]. • Die Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen dem Krankheitsrisiko und hohem Alkoholkonsum sind nicht einheitlich: verschiedene Publikationen zeigen ein höheres Risiko für Diabetes mellitus bei chronischem starkem Alkoholkonsum [40] bzw. keine signifikanten Assoziationen zwischen einem hohen Gesamtalkoholkonsum und dem Risiko für Typ-2-Diabetes [69, 70]. 	<ul style="list-style-type: none"> • Als potenzieller Wirkmechanismus wird eine verbesserte Insulinsensitivität diskutiert [40]; mit einem stärker risikosenkenden Effekt für Frauen [69, 71]. • Zudem wird diskutiert, ob genetische Faktoren sowie die Verbindung zwischen genetischen und nicht genetischen Faktoren einen Einfluss auf den Zusammenhang zwischen Alkoholkonsum und Typ-2-Diabetes haben [72–78].
Demenz	<ul style="list-style-type: none"> • Für geringen bis mäßigen Alkoholkonsum wurde eine risikosenkende Wirkung in Bezug auf Alzheimer und andere Demenzen beobachtet [27, 79]; aufgrund methodischer Limitationen kann aber nicht davon ausgegangen werden, dass ein leichter bis mäßiger Alkoholkonsum tatsächlich vor Demenz und/oder kognitivem Abbau schützt [80]; bei Abstinenz wurde ein um 22 % niedrigeres Demenzrisiko beobachtet [81]. • Ein hoher Alkoholkonsum führt zu einer signifikanten Erhöhung des Risikos für Alzheimer und andere Demenzen sowie kognitiven Abbau [27, 79, 80]. • Ein systematisches Review mit Metaanalyse zeigt eine nichtlineare Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen Alkoholkonsum und dem Risiko für die Progression von leichten kognitiven Beeinträchtigungen zur Demenz und eine instabile lineare Dosis-Wirkungs-Beziehung für leichte kognitive Beeinträchtigungen [82]. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alkohol wirkt neurotoxisch und strukturell sowie funktionell schädigend auf das Gehirn [83–85] u a. durch die Hemmung der N-Methyl-D-Aspartat-Rezeptoren [11]. • Die hohe Ethanolkonzentration bei Rauschtrinken kann eine Veränderung des oralen Mikrobioms verursachen; es gibt Hinweise darauf, dass diese über Permeabilitätsveränderungen in der Blut-Hirn-Schranke zur Entwicklung von Alzheimer Demenz führen könnte [86]. • Auch Acetaldehyd kann zur mit Alzheimer assoziierten Pathologie beitragen insbesondere bei ALDH2*2-Mutationen [87] • Mendelsche Randomisierungsstudien lieferten bisher keine hinreichende Evidenz für eine kausale Auswirkung von Alkoholkonsum auf kognitive Leistungen und Alzheimer Demenz [88–90].

MEOS: Mikrosomales Ethanoloxidierendes System; IARC: Internationale Agentur für Krebsforschung (*International Agency for Research on Cancer*)

¹ Die Zusammenhänge zwischen Einflussfaktoren wie Alkoholkonsum und Krebserkrankungen werden durch den *World Cancer Research Fund* untersucht; die Ergebnisse werden regelmäßig aktualisiert: <https://www.wcrf.org/>

Tab. e2: Einflussfaktoren auf die ökologische Nachhaltigkeit von alkoholischen Getränken

Faktor	Einfluss
Landwirtschaftliche Produktion	<ul style="list-style-type: none"> • Die Umweltwirkungen des Anbaus der pflanzlichen zucker- und stärkehaltigen Rohstoffe, v. a. Weintrauben, Obst, Gerste, Roggen und Kartoffeln [91, 92], sind vor allem auf die Veränderung der Landnutzung sowie die Nutzung von Böden zurückzuführen [93, 94]. • Durch den Umbruch von Kohlenstoffdioxid (CO₂)-reichhaltigen Landflächen wie Grünland und Mooren werden klimarelevante Gase wie CO₂ in die Atmosphäre freigesetzt [93]. • Beim Anbau der Rohstoffe wird Energie für die Herstellung von Düngemitteln sowie die landwirtschaftliche Bearbeitung der Flächen benötigt [93, 95]. • Dünge- und Pflanzenschutzmittel haben einerseits Auswirkungen auf die Qualität und den wirtschaftlichen Ertrag und sind andererseits ursächlich für Biodiversitätsverluste, Eutrophierung, Einträge ins Gewässer uvm. [93, 95, 96].
Verarbeitung der Rohstoffe	<ul style="list-style-type: none"> • Die Verarbeitung zu alkoholischen Getränken ist produktspezifisch und kann mechanische, thermische sowie enzymatische Verfahren beinhalten [97, 98]. • Bei der Bierproduktion erfolgt zuerst die Herstellung von Malz, die einen hohen Energieeinsatz erfordert, dann folgt der Brauprozess und das Abfüllen [99, 98]. • Zur Weinproduktion werden hauptsächlich mechanische und enzymatische Verfahren verwendet: die Zerkleinerung und Pressung der Trauben, die Fermentation, Abfüllung und anschließende Lagerung [97, 100]; bei der Herstellung von Rotwein wird die Maische erhitzt, um Phenole zu extrahieren [97, 101]. • Die Produktion von Spirituosen erfordert durch den Destillationsprozess einen hohen Energieeinsatz, anschließend erfolgt die Reifung und Lagerung der Produkte [101, 102].
Verpackung	<ul style="list-style-type: none"> • Zur Verpackung werden Flaschen aus Grün-, Weiß-, Braunglas oder PET, Dosen aus Stahl oder Aluminium sowie beschichtete Verpackungen aus Karton verwendet [103, 104]; für eine Bewertung der Verpackungseinheit sollte die Ökobilanz der Verpackungsart betrachtet werden, die die Gewinnung der Verpackungsrohstoffe, die Herstellung, Logistik und Entsorgung einschließen [105]. • Das Institut für Energie- und Umweltforschung (IFEU) führte Ökobilanzen bei Getränkeverpackungen von Fruchtsäften und Milch durch; in der Gesamtschau zeigten im Getränke-segment Säfte und Nektare Verbundverpackungen und Mehrwegglasflaschen signifikante Vorteile gegenüber PET-Flaschen, bei der Frischmilch zeigten sich Vorteile bei den Getränkekartons gegenüber Mehrwegglasflaschen sowie PET-Einwegflaschen [105]. • Herstellungs- und Distributionsprozesse von Verpackungsmitteln werden kontinuierlich weiterentwickelt; zudem nehmen sowohl die Distributionswege als auch die Recyclingquote der Verpackung eine wichtige Rolle ein. Daher können keine pauschalen Aussagen zur Ökobilanz für eine Verpackungsart getroffen werden [106].
Transport	<ul style="list-style-type: none"> • Die Umweltwirkungen sind abhängig von Transportmittel, Entfernung, Notwendigkeit einer Kühlung sowie dem Gewicht des Produkts [107, 108]. • Zum Einsatz kommen überwiegend Kraftfahrzeuge wie Lkw und Pkw, aber auch Flugzeug, Bahn und Schiff [109–111]; die Nutzung von Bahn und Schiff gilt aufgrund der geringeren Umweltwirkungen aus ökologischer Sicht als günstiger [107]. • Im Rahmen des Transports nimmt die Art der Verpackung aufgrund gewichtsspezifischer, physikalischer Beschaffenheiten eine große Rolle ein; Mehrwegverpackungen aus Glas weisen höhere Gewicht auf, was die Transportmenge pro Einheit begrenzen kann bzw. aufgrund des höheren Gewichts werden höhere Emissionen durch den Kraftstoffverbrauch bedingt.

Tab. e3: Indikatoren zur Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit von alkoholischen Getränken

Nachhaltigkeitsindikator	Beispiele für den Einfluss der Erzeugung alkoholischer Getränke auf die Nachhaltigkeitsindikatoren
Landnutzung	<ul style="list-style-type: none"> • Für den Anbau der Rohstoffe für alkoholische Getränke ist die Nutzung von bereits landwirtschaftlich erschlossenen Flächen oder sogar ein Umbruch ursprünglicher, nativer Flächen (z.B. durch Rodung, Umbruch von Mooren usw.) notwendig [93]. • Der Flächenbedarf ist je nach angebautem Rohstoff unterschiedlich: zur Herstellung eines Liters Bier wird eine Fläche von etwa 0,57 m³/Jahr benötigt, zur Herstellung eines Liters Wein eine Fläche von 0,53 m³/Jahr und zur Herstellung eines Liters Whiskey eine Fläche von 0,89 m³/Jahr [112]. • Da die Landfläche eine essenzielle Voraussetzung für die Produktion der Rohstoffe darstellt, gilt es Vorhaben einer Umnutzung auf ökonomische und ökologische Kriterien zu prüfen sowie neue Ökosysteme, beispielsweise in Form von Wiederaufforstung, zu schaffen [93].
Boden- und Gewässerschutz	<ul style="list-style-type: none"> • Beim Anbau der Rohstoffe finden vor allem Stickstoff- und Phosphordünger Anwendung, die bei einem übermäßigen Einsatz die Qualität des Grundwassers gefährden, zu einer Eutrophierung und Versauerung der Böden führen [113] und das Bodenmikrobiom gefährden können [114]. • Zur Vorbeugung einer Überdosierung bestehen die gesetzlichen Vorgaben der Düngemittelverordnung [115]. In der Grundwasserverordnung sind Schwellenwerte für Nitrat und Phosphor verankert [116].
Biodiversität	<ul style="list-style-type: none"> • Zum Schutz der Pflanze vor Fressfeinden und Konkurrenz ist der Einsatz von Pestiziden und Herbiziden erforderlich [117]; der Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln sowie weitere Maßnahmen der Industrialisierung der Landwirtschaft wie die Beseitigung von Hecken und anderen Lebensräumen haben negative Auswirkungen auf die Artenvielfalt [118]. • Ein im Weinbau häufig eingesetztes Pflanzenschutzmittel ist Kupfer, das toxisch wirken und sich negativ auf die menschliche sowie die Gesundheit der Bodenorganismen auswirken kann [117, 119, 120]; pH-Wert, klimatische und geografische Bedingungen sowie organismusspezifische Besonderheiten und Kupferresistenzen nehmen Einfluss auf die Toxizität [121]. • Ein bedeutender Anteil der Rohstoffherzeugung für alkoholische Getränke erfolgt im Anbau von Monokulturen (z.B. Weinanbau, Obstanbau, Hopfen) und zählt als weiterer Grund für den Rückgang der Biodiversität [122]. • Insbesondere bei Steillagen im Weinbau kann eine geringe Bodenbearbeitung und der Einsatz von Bodendeckern Artenvielfalt fördern [123]; der Streuobstbau, der Rohstoffe für Fruchtweine, und -spirituosen liefert, kann ebenso einen Beitrag zu Arten- und Naturschutz leisten [124].
Energieverbrauch	<ul style="list-style-type: none"> • Zur Herstellung von einem Liter Bier werden etwa 0,12 kWh benötigt [125]; der Energieeinsatz bei der Herstellung von Wein variiert zwischen 0,4 bis 2,1 kWh/l und ist von der Organisation, Größe, Lage und Produktionsleistung des Weinguts sowie dem Weinstil abhängig [126]; die Spirituosenproduktion erfordert durch den energieintensiven Destillationsprozess einen Energieeinsatz von etwa 0,22 kWh pro 750 ml Flasche [101, 127]. • Vor allem die Heizung, Kühlung, Belüftung und Beleuchtung der Weinkellerei bedürfen einem hohen Energieeinsatz; auch das Alter und die Energieeffizienz der genutzten Anlagen und Gerätschaften nehmen Einfluss auf den Energieverbrauch [126].
Wasserverbrauch	<ul style="list-style-type: none"> • In die Berechnung des Wasserverbrauchs werden grünes, blaues und graues Wasser¹ eingeschlossen [128].

	<ul style="list-style-type: none"> • Der Gesamtwasserverbrauch zur Herstellung eines Liters Bier beträgt etwa 300 Liter Wasser [128]; der Verbrauch zur Herstellung von einem Liter Wein liegt zwischen 600 und 1850 Liter Wasser und ist, wie der Energieverbrauch, vielseitig bedingt [128–130]. • Zu berücksichtigen ist neben dem Wasserverbrauch der Wasserstressindex, der die Auswirkungen der Wassernutzung auf Wasserqualität und -quantität betrachtet [131–133].
CO ₂ -Äquivalente	<ul style="list-style-type: none"> • Die Bilanz an Treibhausgasen wird auch als CO₂-Äquivalent-Fußabdruck bezeichnet [93, 134] und berücksichtigt den gesamten Lebenszyklus eines Produkts [135]. • Der CO₂-Fußabdruck von Bier kann 0,4 bis 1,5 kg CO₂-Äquivalenten pro Liter betragen [99, 112, 125, 136, 137]; für Wein wurden CO₂-Emissionen von 1 bis 2 kg CO₂- Äquivalente pro Liter berechnet [100, 108, 112, 137, 138]; bei der Herstellung von einem Liter Spirituose entstehen zwischen 1 und 4 kg CO₂- Äquivalente [102, 112, 127].

¹ Unter blauem Wasser wird die Menge an Grund- oder Oberflächenwasser verstanden, die zur Herstellung von Produkten oder Lebensmitteln verwendet wird. Grünes Wasser bezeichnet das verbrauchte Regenwasser. Der Begriff graues Wasser bezieht sich auf die Menge an Süßwasser, die erforderlich ist, um Gewässerverunreinigungen so weit zu verdünnen, dass die Wasserqualität den gesetzlichen oder vereinbarten Anforderungen entspricht [128].

Tab. e4: Auflistung der Maßnahmen zur Einschränkung des Alkoholkonsums und Prävention von Gesundheitsschäden des *Global Information System on Alcohol and Health* (GISAH) [139]

Maßnahmen	Konkretisierung
Nationale Politikmaßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> • Nationale Empfehlungen zum Alkoholkonsum • Nationale Gesetze zur Prävention illegalen Alkoholhandels • Nationale Gesetze zur Prävention der illegalen Alkoholproduktion
Beschränkungen für Werbung und Produktplatzierungen	<ul style="list-style-type: none"> • Beschränkung für Werbung und Produktplatzierungen im privaten und öffentlichen Fernsehen, im Internet und Radio, in Printmedien, Kinos, Filmen und Serien sowie im Lebensmitteleinzelhandel
Altersbeschränkungen für den Verkauf und die Abgabe von Alkohol	<ul style="list-style-type: none"> • Altersbeschränkungen sowohl in Lokalen als auch im Lebensmitteleinzelhandel
Ortsbeschränkungen	<ul style="list-style-type: none"> • Beschränkungen für den Alkoholkonsum auf öffentlichen Plätzen
Maßnahmen der Gemeinschaft	<ul style="list-style-type: none"> • Staatliche Unterstützung für Gemeinschaftsmaßnahmen
Maßnahmen zur Kontrolle von Alkohol am Steuer	<ul style="list-style-type: none"> • Blutalkoholkonzentrationsgrenzen im Straßenverkehr • Strafen für alkoholisiertes Fahren • Zufällige Verkehrskontrollen inkl. Alkoholatemtests • Nüchternheitskontrollen
Zulassungsvoraussetzungen	<ul style="list-style-type: none"> • Genehmigungspflicht für den Im- und Export alkoholischer Getränke • Erforderliche Lizenzen für die Herstellung und den Verkauf von alkoholischen Getränken
Preisliche Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> • Sanktionen für Verstöße gegen die Vermarktung • Beschränkung der Verkaufsförderung durch Gaststättenbetreiber (kostenloser Alkohol), Hersteller (Partys, Veranstaltungen) und den Lebensmitteleinzelhandel (unter Selbstkosten)
Steuerliche Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> • Verbrauchssteuer auf alkoholische Getränke • Zollabgabe oder Verbrauchssteuerstempel auf alkoholischen Getränken • Mehrwertsteuer auf Alkohol • Besteuerung der Ethanolproduktion • Steuerliche Anreize für die Herstellung von Bier mit keinem/niedrigem Alkoholgehalt
Monopole	<ul style="list-style-type: none"> • Monopol auf die Einfuhr von alkoholischen Getränken • Staatliches Monopol auf die Produktion und den Einzelhandelsverkauf
Beschränkungen des Verkaufs von Alkohol innerhalb und außerhalb von Lokalen	<ul style="list-style-type: none"> • Beschränkungen des Verkaufs: an bestimmten Tagen, innerhalb bestimmter Öffnungszeiten, je nach Verkaufsstellendichte, an bestimmten Orten (z. B. Tankstellen), bei bestimmten Veranstaltungen
Beschränkungen des Sponsorings	<ul style="list-style-type: none"> • Beschränkungen für das Sponsoring von Sport- und Jugendveranstaltungen
Warnhinweise und Verbraucherinformationen auf Etiketten	<ul style="list-style-type: none"> • Gesundheitswarnende Etiketten auf Alkoholwerbung • Gesundheitliche Warnhinweise auf alkoholischen Getränken • Verbraucherinformationen über Kalorien, Zusatzstoffe usw. auf alkoholischen Getränken • Angabe der Anzahl alkoholischer Standardgetränke auf alkoholischen Getränken • Angabe des Alkoholgehalts auf alkoholischen Getränken • Gesundheitswarnhinweise zu Alkoholkonsum bei Minderjährigen und während der Schwangerschaft • Gesundheitswarnhinweise zum Thema Alkohol am Steuer • Gesetzliche Anforderungen an die Größe von Gesundheitswarnhinweisen

Literatur

1. Traversy G, Chaput J-P: Alcohol consumption and obesity: an update. *Curr Obes Rep* 2015; 4(1): 122–30.
2. Sayon-Orea C, Martínez-González MA, Bes-Rastrollo M: Alcohol consumption and body weight: a systematic review. *Nutr Rev* 2011; 69(8): 419–31.
3. Bendsen NT, Christensen R, Bartels EM, et al.: Is beer consumption related to measures of abdominal and general obesity? A systematic review and meta-analysis. *Nutr Rev* 2013; 71(2): 67–87.
4. Golzarand M, Salari-Moghaddam A, Mirmiran P: Association between alcohol intake and overweight and obesity: a systematic review and dose-response meta-analysis of 127 observational studies. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2022; 62(29): 8078–98.
5. Fong M, Scott S, Albani V, Adamson A, Kaner E: 'Joining the Dots': individual, sociocultural and environmental links between alcohol consumption, dietary intake and body weight - a narrative review. *Nutrients* 2021; 13(9): 2927.
6. Kwok A, Dordevic AL, Paton G, Page MJ, Truby H: Effect of alcohol consumption on food energy intake: a systematic review and meta-analysis. *Br J Nutr* 2019; 121(5): 481–95.
7. Cummings JR, Gearhardt AN, Ray LA, Choi AK, Tomiyama AJ: Experimental and observational studies on alcohol use and dietary intake: a systematic review. *Obes Rev* 2020; 21(2): e12950.
8. Rohde JF, Ångquist L, Larsen SC, et al.: Alcohol consumption and its interaction with adiposity-associated genetic variants in relation to subsequent changes in waist circumference and body weight. *Nutr J* 2017; 16(1): 51.
9. Morales LD, Cromack DT, Tripathy D, et al.: Further evidence supporting a potential role for ADH1B in obesity. *Sci Rep* 2021; 11(1): 1932.
10. Polimanti R, Zhang H, Smith AH, et al.: Genome-wide association study of body mass index in subjects with alcohol dependence. *Addict Biol* 2017; 22(2): 535–49.
11. Du T, Chen K, Zheng S, Bao M, Huang Y, Wu K: Association between alcohol consumption and risk of nasopharyngeal carcinoma: a comprehensive meta-analysis of epidemiological studies. *Alcohol Clin Exp Res* 2019; 43(11): 2262–73.
12. Park H, Shin SK, Joo I, Song DS, Jang JW, Park J-W: Systematic review with meta-analysis: low-level alcohol consumption and the risk of liver cancer. *Gut and Liver* 2020; 14(6): 792–807.
13. WCRF (World Cancer Research Fund), AICR (American Institute for Cancer Research): Continuous update project expert report 2018. Alcoholic drinks and the risk of cancer. <https://www.wcrf.org/wp-content/uploads/2021/02/Alcoholic-Drinks.pdf> (last accessed on 21 March 2024).
14. Yu X, Chen J, Jiang W, Zhang D: Alcohol, alcoholic beverages and risk of esophageal cancer by histological type: a dose-response meta-analysis of observational studies. *Alcohol Alcohol* 2020; 55(5): 457–67.
15. Castro C, Peleteiro B, Lunet N: Modifiable factors and esophageal cancer: a systematic review of published meta-analyses. *J Gastroenterol* 2018; 53(1): 37–51.
16. He F, Sha Y, Wang B: Relationship between alcohol consumption and the risks of liver cancer, esophageal cancer, and gastric cancer in China: Meta-analysis based on case-control studies. *Medicine (Baltimore)* 2021; 100(33): e26982.
17. Kubo Y, Kitagawa Y, Miyazaki T, et al.: The potential for reducing alcohol consumption to prevent esophageal cancer morbidity in Asian heavy drinkers: a systematic review and meta-analysis. *Esophagus* 2022; 19(1): 39–46.
18. Poorolajal J, Heidarimoghis F, Karami M, et al.: Factors for the primary prevention of breast cancer: a meta-analysis of prospective cohort studies. *J Res Health Sci* 2021; 21(3): e00520.
19. Sun Q, Xie W, Wang Y, et al.: Alcohol consumption by beverage type and risk of breast cancer: a dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *Alcohol Alcohol* 2020; 55(3): 246–53.
20. Ubago-Guisado E, Rodríguez-Barranco M, Ching-López A, et al.: Evidence update on the relationship between diet and the most common cancers from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) Study: a systematic review. *Nutrients* 2021; 13(10): 3582.
21. Ma K, Baloch Z, He T-T, Xia X: Alcohol consumption and gastric cancer risk: a meta-analysis. *Med Sci Monit* 2017; 23: 238–46.
22. Veettil SK, Wong TY, Loo YS, et al.: Role of diet in colorectal cancer incidence: umbrella review of meta-analyses of prospective observational studies. *JAMA Netw Open* 2021; 4(2): e2037341.
23. Fardet A, Druesne-Pecollo N, Touvier M, Latino-Martel P: Do alcoholic beverages, obesity and other nutritional factors modify the risk of familial colorectal cancer? A systematic review. *Crit Rev Oncol Hematol* 2017; 119: 94–112.

24. Lu P-Y, Shu L, Shen S-S, Chen X-J, Zhang X-Y: Dietary patterns and pancreatic cancer risk: a meta-analysis. *Nutrients* 2017; 9(1): 38.
25. Wang Y-T, Gou Y-W, Jin W-W, Xiao M, Fang H-Y: Association between alcohol intake and the risk of pancreatic cancer: a dose-response meta-analysis of cohort studies. *BMC Cancer* 2016; 16: 212.
26. Al-Bayati O, Hasan A, Pruthi D, Kaushik D, Liss MA: Systematic review of modifiable risk factors for kidney cancer. *Urol Oncol* 2019; 37(6): 359–71.
27. Rehm J, Gmel GE, Gmel G, et al.: The relationship between different dimensions of alcohol use and the burden of disease - an update. *Addiction* 2017; 112(6): 968–1001.
28. Choi Y-J, Myung S-K, Lee J-H: Light alcohol drinking and risk of cancer: a meta-analysis of cohort studies. *Cancer Res Treat* 2018; 50(2): 474–87.
29. Na H-K, Lee JY: Molecular basis of alcohol-related gastric and colon cancer. *Int J Mol Sci* 2017; 18(6): 1116.
30. Runggay H, Murphy N, Ferrari P, Soerjomataram I: Alcohol and cancer: epidemiology and biological mechanisms. *Nutrients* 2021; 13(9): 3173.
31. Oze I, Charvat H, Matsuo K, et al.: Revisit of an unanswered question by pooled analysis of eight cohort studies in Japan: does cigarette smoking and alcohol drinking have interaction for the risk of esophageal cancer? *Cancer Med* 2019; 8(14): 6414–25.
32. Mello FW, Melo G, Pasetto JJ, Silva CAB, Warnakulasuriya S, Rivero ERC: The synergistic effect of tobacco and alcohol consumption on oral squamous cell carcinoma: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Investig* 2019; 23(7): 2849–59.
33. Joo Kang S, Shin CM, Sung J, Kim N: Association between ALDH2 polymorphism and gastric cancer risk in terms of alcohol consumption: a meta-analysis. *Alcohol Clin Exp Res* 2021; 45(1): 6–14.
34. Tan B, Ning N: Association of ADH1B Arg47His polymorphism with the risk of cancer: a meta-analysis. *Biosci Rep* 2019; 39(4): BSR20181915.
35. Chen J, Pan W, Chen Y, Wen L, Tu J, Liu K: Relationship of ALDH2 rs671 and CYP2E1 rs2031920 with hepatocellular carcinoma susceptibility in East Asians: a meta-analysis. *World J Surg Onc* 2020; 18(1): 21.
36. Zuo W, Zhan Z, Ma L, Bai W, Zeng S: Effect of ALDH2 polymorphism on cancer risk in Asians: a meta-analysis. *Medicine (Baltimore)* 2019; 98(13): e14855.
37. Mao N, Nie S, Hong B, Li C, Shen X, Xiong T: Association between alcohol dehydrogenase-2 gene polymorphism and esophageal cancer risk: a meta-analysis. *World J Surg Onc* 2016; 14(1): 191.
38. Yoon S-J, Jung J-G, Lee S, et al.: The protective effect of alcohol consumption on the incidence of cardiovascular diseases: is it real? A systematic review and meta-analysis of studies conducted in community settings. *BMC Public Health* 2020; 20(1): 90.
39. Colpani V, Baena CP, Jaspers L, et al.: Lifestyle factors, cardiovascular disease and all-cause mortality in middle-aged and elderly women: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Epidemiol* 2018; 33(9): 831–45.
40. WHO: Global status report on alcohol and health 2018. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/274603/9789241565639-eng.pdf?sequence=1> (last accessed on 21 March 2024).
41. Sherk A, Gilmore W, Churchill S, Lensvelt E, Stockwell T, Chikritzhs T: Implications of cardioprotective assumptions for national drinking guidelines and alcohol harm monitoring Systems. *Int J Environ Res Public Health* 2019; 16(24): 4956.
42. Zhao J, Stockwell T, Roemer A, Naimi T, Chikritzhs T: Alcohol consumption and mortality from coronary heart disease: an updated meta-analysis of cohort studies. *J Stud Alcohol Drugs* 2017; 78(3): 375–86.
43. Larsson SC, Wallin A, Wolk A, Markus HS: Differing association of alcohol consumption with different stroke types: a systematic review and meta-analysis. *BMC Med* 2016; 14(1): 1–11.
44. Emberson, Da Bennett: Effect of alcohol on risk of coronary heart disease and stroke: causality, bias, or a bit of both? *Vasc Health Risk Manag* 2006; 2(3): 239–49.
45. Roerecke M, Tobe SW, Kaczorowski J, et al.: Sex-specific associations between alcohol consumption and incidence of hypertension: a systematic review and meta-analysis of cohort studies. *JAMA* 2018; 7(13): e008202.
46. Liu F, Liu Y, Sun X, et al.: Race- and sex-specific association between alcohol consumption and hypertension in 22 cohort studies: a systematic review and meta-analysis. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2020; 30(8): 1249–59.

47. Jung M-H, Shin E-S, Ihm S-H, Jung J-G, Lee H-Y, Kim C-H: The effect of alcohol dose on the development of hypertension in Asian and Western men: systematic review and meta-analysis. *Korean J Intern Med* 2020; 35(4): 906–16.
48. Gallagher C, Hendriks JML, Elliott AD, et al.: Alcohol and incident atrial fibrillation - a systematic review and meta-analysis. *Int J Cardiol* 2017; 246: 46–52.
49. McKee M, Britton A: The positive relationship between alcohol and heart disease in eastern Europe: potential physiological mechanisms. *J R Soc Med* 1998; 91(8): 402–7.
50. Tonelo D, Providência R, Gonçalves L: Holiday heart syndrome revisited after 34 years. *Arq Bras Cardiol* 2013; 101(2): 183–9.
51. Puddey IB, Rakic V, Dimmitt SB, Beilin LJ: Influence of pattern of drinking on cardiovascular disease and cardiovascular risk factors - a review. *Addiction* 1999; 94(5): 649–63.
52. Roerecke M, Kaczorowski J, Tobe SW, Gmel G, Hasan OSM, Rehm J: The effect of a reduction in alcohol consumption on blood pressure: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Public Health* 2017; 2(2): e108–e120.
53. Stătescu C, Clement A, Şerban I-L, Sascău R: Consensus and controversy in the debate over the biphasic impact of alcohol consumption on the cardiovascular system. *Nutrients* 2021; 13(4): 1076.
54. Farinelli LA, Piacentino D, Browning BD, Brewer BB, Leggio L: Cardiovascular consequences of excessive alcohol drinking via electrocardiogram: a systematic review. *J Addict Nurs* 2021; 32(1): 39–45.
55. Hwang C-L, Piano MR, Phillips SA: The effects of alcohol consumption on flow-mediated dilation in humans: a systematic review. *Physiol Rep* 2021; 9(10): e14872.
56. Ji X, Leng X-Y, Dong Y, et al.: Modifiable risk factors for carotid atherosclerosis: a meta-analysis and systematic review. *Ann Transl Med* 2019; 7(22): 632.
57. Brien SE, Ronksley PE, Turner BJ, Mukamal KJ, Ghali WA: Effect of alcohol consumption on biological markers associated with risk of coronary heart disease: systematic review and meta-analysis of interventional studies. *BMJ* 2011; 342: d636.
58. Xu H, Zhang Y, Ren J: ALDH2 and stroke: a systematic review of the evidence. In: Ren J, Zhang Y, Ge J (eds.): *Aldehyde dehydrogenases: From alcohol metabolism to human health and precision medicine*. Singapore: Springer 2019; 195–210.
59. Castaldo L, Narváez A, Izzo L, et al.: Red wine consumption and cardiovascular health. *Molecules* 2019; 24(19): 3626.
60. Chudzińska M, Rogowicz D, Wołowicz Ł, et al.: Resveratrol and cardiovascular system - the unfulfilled hopes. *Ir J Med Sci* 2021; 190(3): 981–6.
61. EASL: HEPAHEALTH project report: risk factors and the burden of liver disease in Europe and selected Central Asian countries. <https://easl.eu/wp-content/uploads/2018/09/EASL-HEPAHEALTH-Report.pdf> (last accessed on 21 March 2024).
62. Askgaard G, Kjær MS, Tolstrup JS: Opportunities to prevent alcoholic liver cirrhosis in high-risk populations: a systematic review with meta-analysis. *Am J Gastroenterol* 2019; 114(2): 221–32.
63. Roerecke M, Vafaei A, Hasan OSM, et al.: Alcohol consumption and risk of liver cirrhosis: a systematic review and meta-analysis. *Am J Gastroenterol* 2019; 114(10): 1574–86.
64. Molina PE, Gardner JD, Souza-Smith FM, Whitaker AM: Alcohol abuse: critical pathophysiological processes and contribution to disease burden. *Physiology (Bethesda)* 2014; 29(3): 203–15.
65. Pohl K, Moodley P, Dhanda AD: Alcohol's impact on the gut and liver. *Nutrients* 2021; 13(9): 3170.
66. Schwantes-An T-H, Darlay R, Mathurin P, et al.: Genome-wide association study and meta-analysis on alcohol-associated liver cirrhosis identifies genetic risk factors. *Hepatology* 2021; 73(5): 1920–31.
67. Gu Y, Zhao J, Ao L, et al.: The influence of polymorphic GSTM1 gene on the increased susceptibility of non-viral hepatic cirrhosis: evidence from observational studies. *Eur J Med Res* 2018; 23(1): 34.
68. He L, Deng T, Luo H: Aldehyde dehydrogenase 2 (ALDH2) polymorphism and the risk of alcoholic liver cirrhosis among East Asians: a meta-analysis. *Yonsei Med J* 2016; 57(4): 879–84.
69. Neuenschwander M, Ballon A, Weber KS, et al.: Role of diet in type 2 diabetes incidence: umbrella review of meta-analyses of prospective observational studies. *BMJ* 2019; 366: l2368.
70. Han M: The dose-response relationship between alcohol consumption and the risk of type 2 diabetes among Asian men: a systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies. *J Diabetes Res* 2020; 2020: 1032049.

71. Schrieks IC, Heil ALJ, Hendriks HFJ, Mukamal KJ, Beulens JWJ: The effect of alcohol consumption on insulin sensitivity and glycemic status: a systematic review and meta-analysis of intervention studies. *Diabetes Care* 2015; 38(4): 723–32.
72. Zhang Y, Li S, Cao Z, et al.: A network analysis framework of genetic and nongenetic risks for type 2 diabetes. *Rev Endocr Metab Disord* 2021; 22(2): 461–9.
73. Spracklen CN, Horikoshi M, Kim YJ, et al.: Identification of type 2 diabetes loci in 433,540 East Asian individuals. *Nature* 2020; 582(7811): 240–5.
74. Li G, Li Z-B, Li F, et al.: Meta-analysis on the association of ALDH2 polymorphisms and type 2 diabetic mellitus, diabetic retinopathy. *Int J Environ Res Public Health* 2017; 14(2): 165.
75. Takeno K, Tamura Y, Kakehi S, Kaga H, Kawamori R, Watada H: ALDH2 rs671 is associated with elevated FPG, reduced glucose clearance and hepatic insulin resistance in Japanese men. *J Clin Endocrinol Metab* 2021; 106(9): e3573–e3581.
76. Yuan S, Larsson SC: An atlas on risk factors for type 2 diabetes: a wide-angled Mendelian randomisation study. *Diabetologia* 2020; 63(11): 2359–71.
77. van de Luitgaarden IAT, van Oort S, Bouman EJ, et al.: Alcohol consumption in relation to cardiovascular diseases and mortality: a systematic review of Mendelian randomization studies. *Eur J Epidemiol* 2022; 37(7): 655–69.
78. Bellou V, Belbasis L, Tzoulaki I, Evangelou E: Risk factors for type 2 diabetes mellitus: an exposure-wide umbrella review of meta-analyses. *PLoS One* 2018; 13(3): e0194127.
79. Xu W, Wang H, Wan Y, et al.: Alcohol consumption and dementia risk: a dose-response meta-analysis of prospective studies. *Eur J Epidemiol* 2017; 32(1): 31–42.
80. WHO (World Health Organization): Risk reduction of cognitive decline and dementia. WHO guidelines. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/312180/9789241550543-eng.pdf?sequence=17> (last accessed on 21 March 2024).
81. Liang J-H, Lu L, Li J-Y, et al.: Contributions of modifiable risk factors to dementia incidence: a Bayesian Network Analysis. *J Am Med Dir Assoc* 2020; 21(11): 1592-1599.e13.
82. Lao Y, Hou L, Li J, Hui X, Yan P, Yang K: Association between alcohol intake, mild cognitive impairment and progression to dementia: a dose-response meta-analysis. *Aging Clin Exp Res* 2021; 33(5): 1175–85.
83. Oslin D, Atkinson RM, Smith DM, Hendrie H: Alcohol related dementia: proposed clinical criteria. *Int J Geriatr Psychiatry* 1998; 13(4): 203–12.
84. Ridley NJ, Draper B, Withall A: Alcohol-related dementia: an update of the evidence. *Alzheimers Res Ther* 2013; 5(1): 3.
85. Harper C: The neuropathology of alcohol-related brain damage. *Alcohol Alcohol* 2009; 44(2): 136–40.
86. Yussof A, Yoon P, Krkljes C, et al.: A meta-analysis of the effect of binge drinking on the oral microbiome and its relation to Alzheimer's disease. *Sci Rep* 2020; 10(1): 19872.
87. Joshi AU, van Wassenhove LD, Logas KR, et al.: Aldehyde dehydrogenase 2 activity and aldehydic load contribute to neuroinflammation and Alzheimer's disease related pathology. *Acta Neuropathol Commun* 2019; 7(1): 190.
88. Kumari M, Holmes MV, Dale CE, et al.: Alcohol consumption and cognitive performance: a Mendelian randomization study. *Addiction* 2014; 109(9): 1462–71.
89. Larsson SC, Traylor M, Malik R, Dichgans M, Burgess S, Markus HS: Modifiable pathways in Alzheimer's disease: Mendelian randomisation analysis. *BMJ* 2017; 359: j5375.
90. Almeida OP, Hankey GJ, Yeap BB, Golledge J, Flicker L: Alcohol consumption and cognitive impairment in older men: a mendelian randomization study. *Neurology* 2014; 82(12): 1038–44.
91. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL): Leitsätze für weinähnliche und schaumweinähnliche Getränke. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Ernaehrung/Lebensmittel-Kennzeichnung/LeitsaetzeWeinaehnlicheGetraenke.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (last accessed on 21 March 2024).
92. Belitz H, Grosch W, Schieberle P: Alkoholische Getränke.: In: Belitz HD, Grosch W, Schieberle P, eds. *Lehrbuch Der Lebensmittelchemie*. Springer Berlin Heidelberg 2001: 879–925.
93. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Fifty-eight session of the IPCC. Interlaken, Switzerland, 13 – 17 March 2023. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2023/03/Doc5_Adopted_AR6_SYR_Longer_Report.pdf (last accessed on 21 March 2024).

94. Thünen-Institut: Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990. https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn058465.pdf (last accessed on 21 March 2024).
95. Guo L, Zhao S, Song Y, Tang M, Li H: Green finance, chemical fertilizer use and carbon emissions from agricultural production. *Agriculture* 2022; 12(3): 313.
96. Kaul H-P, Kautz T, Léon J: *Ackerbau, Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung: 103 Tabellen*. 5th ed. Stuttgart: Eugen Ulmer 2022.
97. Jackson RS: *Wine science: principles and applications*. 4th ed. Academic Press 2014.
98. Narziß L, Back W: *Die Bierbrauerei*. Band 1: *Die Technologie der Malzbereitung*. 8th ed. Wiley-VCH 2012.
99. Neumarkter Lammsbräu: Nachhaltigkeitsbericht 2020. https://2695425.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/2695425/NeumarkterLammsbraeu/resources/documents/Nachhaltigkeitsberichte/Nachhaltigkeitsbericht_2020.pdf (last accessed on 21 March 2024).
100. Navarro A, Puig R, Fullana-I-Palmer P: Product vs corporate carbon footprint: some methodological issues. A case study and review on the wine sector. *Sci Total Environ* 2017; 581-582: 722–33.
101. Rimbach G, Möhring J, Erbersdobler HF: *Lebensmittel-Warenkunde für Einsteiger*. Berlin: Springer 2010.
102. Beverage Industry Environmental Roundtable (BIER): Research on the carbon footprint of spirits. https://www.bierroundtable.com/wp-content/uploads/49d7a0_7643fd3fae5d4daf939cd5373389e4e0.pdf (last accessed on 21 March 2024).
103. Thompson-Witrick KA, Pitts ER, Nemenyi JL, Budner D: The impact packaging type has on the flavor of wine. *Beverages* 2021; 7(2): 36.
104. Buiatti S, Celotti E, Ferrarini R, Zironi R: Wine packaging for market in containers other than glass. *Agric Food Chem* 1997; 45(6): 2081–4.
105. Kauertz B, Busch M, Bade J: Ökobilanzielle Betrachtung von Getränkeverbundkartons in Deutschland in den Getränkesegmenten Säfte und Nektare sowie H-Milch und Frischmilch. https://www.getraenkekarton.de/wp-content/uploads/2021/08/ifeu_2020_oekobilanz_fkn_final.pdf (last accessed on 21 March 2024).
106. Detzel A, Kauertz B, Grahl B, Heinisch J: Prüfung und Aktualisierung der Ökobilanzen für Getränkeverpackungen. https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/uba_texte_19_2016_pruefung_und_aktualisierung_der_oekobilanzen_fuer_getraenkeverpackungen.pdf (last accessed on 21 March 2024).
107. Allekotte M, Bergk F, Biemann K, et al.: Ökologische Bewertung von Verkehrsarten. Abschlussbericht. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_156-2020_oekologische_bewertung_von_verkehrsarten_0.pdf (last accessed on 27 June 2023).
108. Beverage Industry Environmental Roundtable (BIER): Research on the carbon footprint of wine. https://www.bierroundtable.com/wp-content/uploads/49d7a0_4d74ddfd6d64d3a8c1b27c17f460e36.pdf (last accessed on 21 March 2024).
109. Li M, Jia N, Lenzen M, et al.: Global food-miles account for nearly 20% of total food-systems emissions. *Nat Food* 2022; 3(6): 445–53.
110. Govindan K: Sustainable consumption and production in the food supply chain: a conceptual framework. *Int J Productions Economics* 2018; 195: 419–31.
111. Aminzadegan S, Shahriari M, Mehranfar F, Abramović B: Factors affecting the emission of pollutants in different types of transportation: a literature review. *Energy Reports* 2022; 8: 2508–29.
112. Mertens E, Kaptijn G, Kuijsten A, van Zanten H, Geleijnse JM, van 't Veer P: SHARP-Indicators Database towards a public database for environmental sustainability. *Data Brief* 2019; 27: 104617.
113. Sebilio M, Mayer B, Nicolardot B, Pinay G, Mariotti A: Long-term fate of nitrate fertilizer in agricultural soils. *Proc Natl Acad Sci USA* 2013; 110(45): 18185–9.
114. Geisseler D, Scow KM: Long-term effects of mineral fertilizers on soil microorganisms – a review. *Soil Biol Biochem* 2014; 75: 54–63.
115. Bundesministerium der Justiz, Bundesamt für Justiz: Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen. https://www.gesetze-im-internet.de/d_v_2017/index.html (last accessed on 21 March 2024).
116. Bundesministerium der Justiz, Bundesamt für Justiz: GrwV - Verordnung zum Schutz des Grundwassers. https://www.gesetze-im-internet.de/grwv_2010/GrwV.pdf (last accessed on 21 March 2024).
117. Cesco S, Pii Y, Borruso L, et al.: A smart and sustainable future for viticulture is rooted in soil: how to face cu toxicity. *Appl Sci* 2021; 11(3): 907.

118. Raven PH, Wagner DL: Agricultural intensification and climate change are rapidly decreasing insect biodiversity. *Proc Natl Acad Sci USA* 2021; 118(2): e2002548117.
119. Ameh T, Sayes CM: The potential exposure and hazards of copper nanoparticles: a review. *Environ Toxicol Pharmacol* 2019; 71: 103220.
120. Solomon F: Impacts of copper on aquatic ecosystems and human health. https://akmininginfo.files.wordpress.com/2012/09/solomon_impactscopperaquaticecosystemshumanhealth.pdf (last accessed on 21 March 2024).
121. Shabbir Z, Sardar A, Shabbir A, et al.: Copper uptake, essentiality, toxicity, detoxification and risk assessment in soil-plant environment. *Chemosphere* 2020; 259: 127436.
122. Kremen C, Miles A: Ecosystem services in biologically diversified versus conventional farming systems: benefits, externalities, and trade-offs. *Ecol Soc* 2012; 17(4): 40.
123. Schultz H: Soil, vine, climate change; the challenge of predicting soil carbon changes and greenhouse gas emissions in vineyards and is the 4 per 1000 goal realistic? *OENO One* 2022; 56(2): 251–63.
124. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL): Streuobst: erhalten – pflegen – nutzen. https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/streuobst-erhalten-pflegen-nutzen_lfl-information.pdf (last accessed on 21 March 2024).
125. Amienyo D, Azapagic A: Life cycle environmental impacts and costs of beer production and consumption in the UK. *Int J Life Cycle Assess* 2016; 21(4): 492–509.
126. Smyth M, Nesbitt A: Energy and English wine production: a review of energy use and benchmarking. *Energy Sustain Dev* 2014; 23: 85–91.
127. Four Elements Consulting: Carbon footprint analysis of modern spirits beverages - Final Report. https://cdn.greenbardistillery.com/wp-content/uploads/2017/05/GreenbarDistillery_carbon-footprint-analysis.pdf (last accessed on 21 March 2024).
128. Mekonnen MM, Hoekstra AY: The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrol Earth Syst Sci* 2011; 15(5): 1577–600.
129. Ene SA, Teodosiu C, Robu B, Volf I: Water footprint assessment in the winemaking industry: a case study for a Romanian medium size production plant. *J Clean Prod* 2013; 43: 122–35.
130. Johnson M, Mehrvar M: From Field to Bottle: Water Footprint Estimation in the Winery Industry: In: Muthu SS, ed. *Water Footprint: Assessment and Case Studies*. Springer Singapore 2021: 103–36.
131. Pfister S, Koehler A, Hellweg S: Assessing the environmental impacts of freshwater consumption in LCA. *Environ Sci Technol* 2009; 43(11): 4098–104.
132. Wang D, Hubacek K, Shan Y, Gerbens-Leenes W, Liu J: A review of water stress and water footprint accounting. *Water* 2021; 13(2): 201.
133. European Environment Agency: Water stress. <https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eea-glossary/water-stress> (last accessed on 21 March 2024).
134. Wiedmann T T, Minx J: A Definition of Carbon Footprint: In: CC Pertsova: *Ecological Economics Research Trends: Chapter 1*, pp. 1-11 2008.
135. International Organization for Standardization (ISO): ISO 14067:2018. Greenhouse gases - carbon footprint of products - requirements and guidelines for quantification 2018.
136. Beverage Industry Environmental Roundtable (BIER): Research on the carbon footprint of beer. https://www.bierroundtable.com/wp-content/uploads/49d7a0_70726e8dc94c456caf8a10771fc31625.pdf (last accessed on 21 March 2024).
137. Reinhardt G, Gärtner S, Wagner T: Ökologische Fußabdrücke von Lebensmitteln und Gerichten in Deutschland. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/6232/dokumente/ifeu_2020_oekologische-fussabdruecke-von-lebensmitteln.pdf (last accessed on 21 March 2024).
138. Ferrara C, de Feo G: Life cycle assessment application to the wine sector: a critical review. *Sustainability* 2018; 10(2): 395.
139. WHO (World Health Organization): Alcohol control policies. <https://www.who.int/data/gho/data/themes/topics/topic-details/GHO/alcohol-control-policies> (last accessed on 21 March 2024).