

7. Juli 2026

Energydrinks: BfR aktualisiert Bewertung der gesundheitlichen Risiken für Kinder und Jugendliche bei akutem und chronischem Verzehr

→ Aktualisierte Stellungnahme 018/2019 des BfR vom 27. Mai 2019

In Kürze

- Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) hat in dieser Stellungnahme zusammengefasst, welche aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisse zu möglichen gesundheitlichen Risiken durch den Verzehr von Energydrinks vorliegen. Betrachtet wurden in erster Linie mögliche Auswirkungen auf das Herz-Kreislauf-System, vor allem bei **Kindern und Jugendlichen**.
- Bei der Bewertung wurde unterschieden zwischen den möglichen gesundheitlichen Auswirkungen eines **akuten Verzehr**s, die also zeitnah nach dem Trinken von Energydrinks auftreten, und den Auswirkungen eines regelmäßigen, **chronischen Verzehr**s (über mindestens 12 Monate). Dafür wurden aktuelle Studien zu den gesundheitlichen Auswirkungen sowie Verzehrdaten zum Energydrink-Konsum von Kindern und Jugendlichen in Deutschland zugrunde gelegt.
- **Die Ergebnisse:**

Akut moderater Verzehr von Energydrinks

Bei gesunden Erwachsenen sind bei **akut moderatem Verzehr von Energydrinks** (entsprechend einer maximalen Koffein-Einzeldosis von 200 mg) gesundheitliche Beeinträchtigungen nicht zu erwarten.

Bei Kindern und Jugendlichen ist die Datenlage zu gesundheitlichen Risiken über den Verzehr von Energydrinks schwach. Betrachtet man aber nur die Koffeinzufuhr über Energydrinks, gibt es keine Hinweise darauf, dass bei der von der EFSA für gesunde Kinder und Jugendliche noch als sicher erachteten akuten Koffeinaufnahmemenge von 3 mg pro kg Körpergewicht (KG) gesundheitliche Beeinträchtigungen zu erwarten sind.

Akut hoher Verzehr von Energydrinks

Bei einigen Erwachsenen traten bei **akut hohem Konsum** von Energydrinks (d. h. Koffeinaufnahmen (weit) oberhalb des EFSA-Wertes von 200 mg als Einzeldosis)

moderate bis schwerwiegende unerwünschte Wirkungen auf, z. B. Herzklopfen oder -rasen, Kurzatmigkeit, schwere Übelkeit, Angstzustände und Nervosität. Bei einigen Probanden wurden in Studien Veränderungen im EKG des Herzens beobachtet.

Für Kinder und Jugendliche gibt es keine entsprechenden Studien, da diese aus ethischen Gründen nicht durchgeführt werden können. Es ist aber anzunehmen, dass sie mit ähnlichen Symptomen wie Erwachsene reagieren können, vor allem, weil sie zum Teil noch nicht an Koffein gewöhnt sind.

Daten zeigen, dass einige Jugendliche sehr hohe Mengen an Energydrinks konsumieren (bis zu 4 Liter an einem Tag). **Kinder und Jugendliche stellen damit eine Risikogruppe für gesundheitliche Beeinträchtigungen durch einen akut hohen Energydrink-Konsum dar.**

Chronisch moderater Verzehr von Energydrinks

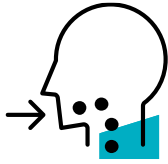
Gesundheitliche Wirkungen eines **chronisch moderaten Konsums** von Energydrinks auf Kinder und Jugendliche wurden bisher nicht in Studien untersucht.

Betrachtet man aber nur die Koffeinzufuhr über Energydrinks, so lässt sich feststellen, dass es bislang keine Hinweise darauf gibt, dass bei der von der EFSA für gesunde Kinder und Jugendliche noch als sicher erachteten täglichen Koffeinaufnahmemenge von 3 mg pro kg Körpergewicht (KG) gesundheitliche Beeinträchtigungen zu erwarten sind.

Chronisch hoher Verzehr von Energydrinks

Mögliche Effekte auf das Herz-Kreislaufsystem bei **chronisch hohem Konsum** wurden in der EDKAR-Studie betrachtet. Für den untersuchten Zeitraum (hoher Konsum für mindestens 1 Jahr) konnten keine negativen Auswirkungen auf die betrachteten Herzparameter der untersuchten Jugendlichen festgestellt werden. Allerdings berichtete knapp die Hälfte der Teilnehmerinnen und Teilnehmer von unangenehmen körperlichen Reaktionen nach dem Verzehr von Energydrinks, u. a. von Herzrasen, Kopfschmerzen und schlechtem Schlaf. Diese Effekte könnten bei anhaltend hohem Konsum auf längere Sicht zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen. Hierzu liegen jedoch keine Daten vor.

Wie gelangen Energydrinks und damit das darin enthaltene Koffein in den Körper?



Die Aufnahme erfolgt **oral**.

Gibt es einen gesundheitlichen Richtwert für Koffein?



Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) hält **3 Milligramm Koffein pro Kilogramm Körpergewicht aus allen Quellen als Einzeldosis und über den Tag verteilt** bei gesunden Kindern und Jugendlichen für gesundheitlich unbedenklich.

Für gesunde Erwachsene gelten 200 mg Koffein als Einzeldosis oder 400 mg über den Tag verteilt aus allen Quellen als gesundheitlich unbedenklich.

Besteht ein gesundheitliches Risiko durch den Verzehr von Energydrinks?

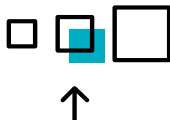


Bei einem **akut hohen** Verzehr von Energydrinks und einer daraus resultierenden Koffeinzufuhr **oberhalb des gesundheitlichen Richtwertes** steigt die Wahrscheinlichkeit, dass es sowohl bei Erwachsenen als auch bei **Kindern und Jugendlichen** zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen wie Herzrasen, Übelkeit oder Angstzuständen kommt.

Bei Kindern und Jugendlichen ist die Datenlage zu gesundheitlichen Risiken über den **akut moderaten** oder **chronisch moderaten** Konsum von Energydrinks schwach. Betrachtet man aber nur die Koffeinzufuhr über Energydrinks, gibt es keine Hinweise darauf, dass bei der von der EFSA für gesunde Kinder und Jugendliche noch als sicher erachteten Koffeinaufnahmemenge gesundheitliche Beeinträchtigungen zu erwarten sind.

Gesundheitliche Wirkungen eines chronischen Hochkonsums auf die Herzgesundheit von Jugendlichen konnten bisher nicht gezeigt werden. Aber es wurde über Herzrasen, Kopfschmerzen und schlechten Schlaf nach dem Konsum von Energydrinks berichtet.

Wie ist die Qualität der Daten?



Die Datenlage ist von **mittlerer** Qualität. Einige wichtige Daten fehlen oder sind widersprüchlich.

Wie kann das Gesundheitsrisiko durch entsprechende Maßnahmen verringert werden?



Der Staat kann über die Risiken informieren oder **weiterführende Maßnahmen** ergreifen, um einen **hohen Konsum von Energydrink bei Kindern und Jugendlichen** zu reduzieren.



Produzenten können auf ihren Produkten auf die möglichen unerwünschten Wirkungen bei hohem Verzehr von Energydrinks hinweisen.



Verbraucherinnen und Verbraucher, insbesondere Kinder und Jugendliche können den Verzehr von Energydrinks einschränken bzw. darauf verzichten, um den gesundheitlichen Richtwert für Koffein nicht zu überschreiten.



Staatliche und Nicht-Staatliche Akteure im Gesundheits- und Bildungswesen könnten weitere zielgruppenspezifische Maßnahmen entwickeln, die das Risikobewusstsein schärfen.

Über Bildungsprogramme könnten Kinder, Jugendliche, Eltern und pädagogische Fachkräfte für die möglichen Risiken von Energydrinks und einer zu hohen Koffeinzufuhr sensibilisiert werden.

Um insbesondere Kinder und Jugendliche zu erreichen, könnten dazu Soziale Medien genutzt werden. Vorhandenes Informationsmaterial (z. B. Videos und Flyer) sollte genutzt werden, um u. a. in Schulen intensiv und kontinuierlich zu informieren und aufzuklären.

1 Gegenstand der Bewertung

Mit der vorliegenden Stellungnahme überarbeitet das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) die Stellungnahme Nr. 018/2019 „Kinder und Jugendliche: Übermäßiger Konsum von Energydrinks erhöht Gesundheitsrisiko für Herz und Kreislauf“.

Das BfR hat dazu die Studienlage seit der Veröffentlichung der BfR-Stellungnahme Nr. 018/2019 im Jahr 2019 neu bewertet. Insbesondere wurden Ergebnisse aus relevanten Studien wie der EDUCATE- oder der EDKAR-Studie berücksichtigt. Dabei wurde abermals vor allem das mögliche kardiovaskuläre Risiko betrachtet, das sich durch den Verzehr von Energydrinks ergeben könnte. Da Kinder und Jugendliche (sowie junge Erwachsene) die

Hauptzielgruppe des Energydrink-Marktes sind, wurden bei der Aktualisierung vor allem die kardiovaskulären Effekte von Energydrinks bei Kindern und Jugendlichen berücksichtigt. Neben den bereits früher berücksichtigten akuten Wirkungen konnten nun aufgrund neuer Daten auch langfristige Effekte eines chronisch hohen Konsums betrachtet werden. Dafür wurden aktuelle Verzehrraten zum Energydrink-Konsum bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland zugrunde gelegt. Studien zu Erwachsenen wurden nicht neu recherchiert.

2 Ergebnis

2.1 Effekte eines akut moderaten Verzehr von Energydrinks

Unter Berücksichtigung der aktuellen wissenschaftlichen Datenlage kommt das BfR zu dem Ergebnis, dass bei einem akuten, moderaten Verzehr von Energydrinks mit Koffeinaufnahmen, die die von der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) noch als sicher erachtete Zufuhrmenge von 200 mg als Einzeldosis nicht überschreiten, für gesunde Erwachsene gesundheitliche Beeinträchtigungen nicht zu erwarten sind. Das BfR weist jedoch darauf hin, dass Personen mit Prädispositionen, u. a. für bestimmte Herzerkrankungen, wesentlich empfindlicher auf Koffeinzufuhren reagieren könnten als gesunde Personen.

Es liegen nur sehr wenige Interventionsstudien mit wenigen Teilnehmerinnen und Teilnehmern zu den akuten Effekten von Energydrinks bei Kindern und Jugendlichen vor. Die Ergebnisse dieser Studien zeigen, dass der moderate akute Verzehr von Energydrinks mit einer gemäß EFSA unbedenklichen Koffeinzufuhr zu temporären Veränderungen verschiedener kardiologischer Parameter führt. Insgesamt ist die Datenlage zu den Effekten eines akut moderaten Verzehr von Energydrinks bei Kindern und Jugendlichen schwach.

Bislang gibt es aber keine Hinweise darauf, dass bei der von der EFSA für gesunde Kinder und Jugendliche noch als sicher erachteten akuten Koffeinaufnahmemenge von 3 mg pro kg Körpergewicht (KG) gesundheitliche Beeinträchtigungen zu erwarten sind.

2.2 Effekte eines akut hohen Verzehr von Energydrinks

Gesundheitliche Risiken können sich durch einen akut hohen Verzehr von Energydrinks mit einer Koffeinzufuhr oberhalb der EFSA-Grenzwerte ergeben. In Interventionsstudien mit gesunden jungen Erwachsenen, bei denen Energydrink-Mengen als akute Einzeldosis verabreicht wurden, die zu einer Überschreitung der von der EFSA noch als unbedenklich erachteten Koffeinaufnahmemenge führten, wurden bei einigen Teilnehmenden moderate bis schwerwiegende unerwünschte Wirkungen wie beispielsweise Palpitationen, Kurzatmigkeit, schwerer Tremor, schwere Übelkeit, Angstzustände und Nervosität beobachtet (Abschnitt 3.5.2). Des Weiteren wurden bei Energydrink-Mengen von etwa einem Liter (l) in einigen Interventionsstudien bei gesunden jungen Erwachsenen signifikante Verlängerungen des QTc-Intervalls beobachtet (Abschnitt 3.5.1.3).

Für Kinder und Jugendliche liegen derzeit keine Interventionsstudien mit höheren Energydrink-Mengen vor, bei denen die gemäß EFSA noch unbedenkliche Koffeinemenge überschritten wurde. Dies wäre aus ethischen Gründen auch nicht zu vertreten.

Vor dem Hintergrund der identifizierten unerwünschten Wirkungen bei hohen akuten Aufnahmemengen von Koffein bzw. Energydrinks bei jungen, gesunden Erwachsenen geht

das BfR jedoch davon aus, dass die sensible Gruppe der Kinder und Jugendlichen, die zum Teil noch nicht an Koffein gewöhnt ist, mindestens ebenso empfindlich auf derartig hohe akute Aufnahmemengen reagieren würde wie Erwachsene. Daten aus Deutschland zeigen, dass ein Teil der Kinder und Jugendlichen derart hohe Mengen und sogar mehr (teilweise bis zu vier Liter an einem Verzehrtage) akut verzehrt und dadurch die gemäß EFSA noch als unbedenklich angesehene Koffeinaufnahmemenge (3 mg pro kg Körpergewicht als Einzeldosis oder über den Tag verteilt) zum Teil wesentlich überschritten wird.

Aufgrund des zum Teil akut sehr hohen Energydrink-Konsums stellen daher vor allem Kinder und Jugendliche eine Risikogruppe für gesundheitlich adverse Effekte dar.

Auch Erwachsene trinken zum Teil derart hohe Mengen (ein Liter und mehr) zu einer bestimmten Gelegenheit, jedoch ist der Anteil der Erwachsenen mit einem solchen Verzehrverhalten geringer (5 % der insgesamt Befragten).

2.3 Effekte eines chronisch moderaten Verzehr von Energydrinks

Es gibt bislang keine Studien mit Kindern und Jugendlichen, die die langfristigen gesundheitlichen Effekte eines chronisch moderaten Energydrink-Konsums bzw. nicht mehr als täglich 3 mg Koffein pro kg Körpergewicht untersucht haben.

2.4 Effekte eines chronisch hohen Verzehr von Energydrinks

Im Ergebnis der EDKAR-Studie zeigten sich bei den untersuchten Jugendlichen (15-18 Jahre) im adjustierten Modell keine signifikanten und/oder klinisch relevanten Unterschiede bei allen gemessenen kardiologischen Parametern zwischen chronischer Hochverzehr-Gruppe und Kontrollgruppe.

Die Studie erlaubt allerdings keine Rückschlüsse darauf, ob Unterschiede resultieren würden, wenn die Gruppe der chronisch hohen Verzehrerinnen und Verzehrer weiterhin hohe Mengen an Energydrinks konsumieren würde.

Außerdem berichteten in der EDKAR-Studie fast die Hälfte der chronischen Hochkonsumentinnen und Hochkonsumenten, schon einmal unangenehme körperliche Empfindungen nach dem Trinken von Energydrinks gehabt zu haben. Am häufigsten wurden Herzklopfen/Herzrasen, schlechter Schlaf, Kopfschmerzen und ein Druck- oder Engegefühl in der Brust genannt.

Es liegen keine Daten zu den Effekten eines chronisch hohen Konsums von Energydrinks bei jüngeren Kindern unter 15 Jahren vor.

Auch wenn zunächst keine Effekte auf die Herz-Kreislauf-Gesundheit beobachtet wurden, lässt die EDKAR-Studie keine Rückschlüsse auf die gesundheitlichen Folgen eines längerfristigen hohen Energydrink-Konsums zu.

2.5 Weitere Aspekte

2.5.1 Fallberichte

Darüber hinaus gibt es eine Vielzahl an publizierten Fallberichten im Zusammenhang mit dem Konsum von Energydrinks. Die wesentlichen beobachteten Symptome waren kardiovaskuläre Beschwerden (Brustschmerzen, Tachykardie, Infarkt, Herzrhythmusstörungen, Herzstillstand usw.), aber auch psychiatrische Störungen

(Angustzustände, Psychosen, Halluzinationen), Epilepsie und reversibles akutes Nierenversagen wurden berichtet. Auch wenn sich aus Fallberichten keine Kausalitätsbeziehungen ableiten lassen, gibt die Vielzahl der Berichte doch Anlass zur Sorge, dass ein exzessiver Konsum von Energydrinks – vor allem im Zusammenhang mit anderen risikobehafteten Verhaltensweisen (z. B. hoher Alkoholkonsum) oder Vorerkrankungen – mit gesundheitlich negativen Beeinträchtigungen verbunden sein könnte.

2.5.2 Risikobewusstsein

Eine Studie zum anlassbezogenen Konsum von Energydrinks hat gezeigt, dass das Problembewusstsein gegenüber den möglichen Gesundheitsrisiken durch einen akuten, übermäßigen Verzehr von Energydrinks, insbesondere im Zusammenhang mit intensivem Sport oder dem Genuss von Alkohol, bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen in Deutschland gering bzw. unzureichend ausgeprägt ist. Das BfR geht daher davon aus, dass auch bei Kindern das Risikobewusstsein gegenüber einem übermäßigen Verzehr dieser Getränke, insbesondere in Verbindung mit intensiver körperlicher Betätigung und/oder hohem Alkoholkonsum, allgemein zu gering ausgeprägt ist bzw. dass diese Bevölkerungsgruppen nicht ausreichend über die potenziellen Risiken eines übermäßigen Konsums von Energydrinks informiert sind.

2.6 Handlungsoptionen

Das BfR empfiehlt, das mögliche gesundheitliche Risiko durch den übermäßigen Energydrink-Verzehr bei Kindern und Jugendlichen zu minimieren, insbesondere mit Blick auf die bekannten Risiken bei akut hohem Verzehr. Durch zielgruppenspezifische Maßnahmen im Bereich der Gesundheitserziehung und Gesundheitsförderung könnte das Risikobewusstsein von Kindern und Jugendlichen gegenüber dem übermäßigen Verzehr von Energydrinks gestärkt werden. Dadurch könnten Gesundheitsrisiken vorgebeugt und eigenverantwortliches Handeln hinsichtlich einer gesundheitsfördernden Lebensweise unterstützt werden.

Es könnten Bildungsprogramme entwickelt werden, um Kinder, Jugendliche sowie Eltern und pädagogische Fachkräfte hinsichtlich der potenziellen Risiken, die mit einem solchen Verzehrverhalten verbunden sind, zu sensibilisieren. Dabei könnten insbesondere soziale Medien eingesetzt werden, da diese von Kindern und Jugendlichen intensiver genutzt werden als traditionelle Medien. Es wird empfohlen, die vorhandenen Aufklärungs- und Informationsmaterialien (Flyer, Videos etc.), die u. a. auf der Website des Bundeszentrums für Ernährung (BZfE) zur Verfügung gestellt werden, verstärkt in Informationskampagnen an Schulen zu nutzen und somit die eigentliche Risikogruppe besser zu erreichen.

Mit Blick auf die identifizierten unerwünschten Wirkungen bei akut hohen Aufnahmemengen von Koffein bzw. Energydrinks (siehe Abschnitte 3.1.3 sowie 3.5.1.3 und 3.5.2), die bereits bei jungen, gesunden Erwachsenen auftreten können, wären gegebenenfalls auch weitergehende Managementmaßnahmen zu prüfen.

3 Begründung

Energydrinks sind koffeinhaltige Erfrischungsgetränke, die in Deutschland gemäß § 4 Abs. 2 der Fruchtsaft- und Erfrischungsgetränkeverordnung (FrSaftErfrischGetrV, 2012) neben Koffein mit einer Höchstmenge im verzehrfertigen Lebensmittel von 320 mg/l noch einen

oder mehrere der in Anlage 8 Teil B der o. g. Verordnung aufgeführten Stoffe enthalten dürfen. Danach dürfen im verzehrfertigen Lebensmittel Taurin bis zu einer Höchstmenge von 4.000 mg/l, Glucuronolacton bis zu einer Höchstmenge von 2.400 mg/l und Inosit bis zu einer Höchstmenge von 200 mg/l enthalten sein.

Im Folgenden werden zunächst die möglichen Inhaltsstoffe als Einzelsubstanzen und anschließend die Energydrinks in ihrer Gesamtheit bewertet.

3.1 Koffein

3.1.1 Wirkungsweise

Die Effekte von Koffein basieren hauptsächlich auf einer antagonistischen Aktivität an den Adenosin-Rezeptoren A1 und A2 (Ferre, 2008; Fisone et al., 2004). Dem Neuromodulator Adenosin wird eine schlaffördernde Wirkung zugesprochen, da er u. a. die Ausschüttung von Glutamat und Dopamin hemmt, die zu einer erhöhten kortikalen Aktivität bzw. Motoneuron-Aktivität beitragen sollen (Ferre, 2010). Die wachmachende Wirkung von Koffein beruht vor allem darauf, dass durch die Bindung von Koffein an den Adenosin-Rezeptor die Interaktion von Adenosin mit seinem Rezeptor verhindert wird. Dadurch können Glutamat und Dopamin wieder vermehrt ausgeschüttet werden und ihre aktivierende Wirkung entfalten (Ferre, 2010; Nieber K., 2007). Koffein wirkt somit anders als Kokain, welches direkt die Wiederaufnahme von Dopamin hemmt (Lane et al., 2014). Ebenso soll Koffein zu einer erhöhten Plasmakonzentration von Adrenalin und Noradrenalin führen (Riksen et al., 2009).

Nach wiederholter Aufnahme kann sich eine Toleranz gegenüber Koffein entwickeln, jedoch nicht gegenüber allen Koffeineffekten. Die Toleranz gegenüber den Effekten von Koffein auf den Blutdruck und die Herzfrequenz entwickelt sich innerhalb von Tagen und geht mit einer verringerten Koffein-induzierten Ausschüttung von Adrenalin, Noradrenalin und Renin einher (Fredholm et al., 1999). Der genaue Mechanismus der Toleranzentwicklung ist noch nicht vollständig verstanden, es wird jedoch diskutiert, dass dies auf einer vermehrten Expression von Adenosin-Rezeptoren beruhen könnte (Ammon, 1991; Fredholm et al., 1999).

Entzugssymptome, die nach regelmäßig hohem Koffeinkonsum bei Koffeinabstinenz auftreten können, sind Kopfschmerzen, Müdigkeit, verminderte Aktivität/Energie, verminderte Aufmerksamkeit, Schläfrigkeit, verminderte Zufriedenheit, ein depressiver Gemütszustand, Konzentrationsschwierigkeiten, Reizbarkeit und „benebelter“ Zustand (Juliano and Griffiths, 2004).

3.1.2 Bioverfügbarkeit, Verteilung und Elimination

Gemäß der EFSA zeigen Studien, dass Koffein nach oraler Aufnahme schnell und komplett absorbiert wird (Blanchard and Sawers, 1983) und dann ungehindert die Blut-Hirn-, die Plazenta- bzw. die Blut-Hoden-Schranke passieren kann (Arnaud, 1993; Weathersbee and Lodge, 1977). In der menschlichen Leber wird Koffein hauptsächlich zu Paraxanthin (70–80 %) metabolisiert, welches dann weiter abgebaut und über die Niere ausgeschieden wird. Die Metabolisierung zu Paraxanthin erfolgt durch die Cytochrom-P450-Monooxygenase CYP1A2, die zu 95 % der Koffein-Clearance beiträgt (Berthou et al., 1991; Miners and Birkett, 1996).

Bei Erwachsenen hat Koffein eine Plasma-Halbwertszeit von 2 bis 8 Stunden (Abernethy and Todd, 1985; Abernethy et al., 1985; Balogh et al., 1995; Knutti et al., 1981).

Schwangere weisen eine erhöhte Plasma-Halbwertszeit für Koffein auf, die bis zu 18 Stunden am Ende der Schwangerschaft bei nicht-rauchenden Frauen betragen kann (Aldridge et al., 1981). Die erhöhte Koffein-Halbwertszeit bei Schwangeren wird dadurch erklärt, dass Östrogene und Gestagene die CYP1A2 Aktivität hemmen können (Abernethy et al., 1985; Balogh et al., 1995; Rietveld et al., 1984). Da weder der Fötus noch die Plazenta Koffein metabolisieren können, werden Föten von Frauen, die Koffein konsumieren, eine längere Zeit gegenüber dem Koffein exponiert (Grosso et al., 2006).

Auch Neugeborene weisen noch keine relevante CYP1A2-Aktivität auf und zeigen daher eine Koffein-Halbwertszeit von 50 bis 103 Stunden (Ginsberg et al., 2004; Grosso et al., 2006). Die Halbwertszeit für Koffein sinkt jedoch drastisch mit steigendem Lebensmonat. Im dritten bis vierten Monat sinkt sie auf 14 Stunden und im fünften bis sechsten Monat auf 2 bis 3 Stunden (Aranda et al., 1979). Während der Kindheit beträgt die Koffein-Halbwertszeit stabil 2 bis 3 Stunden, um dann wieder bei Jugendlichen und Erwachsenen anzusteigen (Meltzer H. M., 2008).

3.1.3 Adverse Effekte

Das Gefährdungspotenzial von Koffein wurde bereits in zahlreichen Publikationen intensiv und umfassend untersucht und dargestellt (EFSA, 2015; Nawrot et al., 2003; Wikoff et al., 2017).

Danach sind bekannte unerwünschte Koffeinwirkungen, die in Abhängigkeit von der aufgenommenen Dosis bzw. der individuellen Empfindlichkeit potenziell auftreten können, u. a. Nervosität, erhöhte Ängstlichkeit, Erregbarkeit, Schlaflosigkeit, gastrointestinale Beschwerden, gesteigerte Diurese, gesteigerte Respiration, Erhöhung der Körpertemperatur, Arrhythmien, Tachykardie, erhöhter Blutdruck, Reduktion des myokardialen Blutflusses sowie bei schwangeren Frauen ein vermindertes Wachstum des Fötus (EFSA, 2015; Nawrot et al., 2003; Wikoff et al., 2017).

3.1.4 Gesundheitlich unbedenkliche Koffein-Zufuhrmengen

Die von der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) zur Sicherheit von Koffein im Jahr 2015 veröffentlichte (EFSA, 2015) Stellungnahme befasst sich mit möglichen gesundheitlich negativen Effekten eines akuten sowie gewohnheitsmäßigen Konsums von Koffein aus Lebensmitteln bei der gesunden Allgemeinbevölkerung. Nicht berücksichtigt wurden mögliche unerwünschte Wirkungen von Koffein auf die Gesundheit von besonders empfindlichen Bevölkerungsgruppen, wie z. B. Personen mit bestimmten Vorerkrankungen oder Personen, die in Kombination mit Koffein bestimmte Arzneimittel und/oder Drogen einnehmen oder größere Mengen an Alkohol konsumieren.

Die EFSA schlussfolgerte, dass für gesunde Erwachsene Koffein-Einzeldosen bis zu 200 mg oder dieselbe Menge innerhalb kurzer Zeit (entsprechend 3 mg/kg Körpergewicht (KG)) aus allen Quellen gesundheitlich unbedenklich sind, auch wenn die Koffeinzufuhr weniger als zwei Stunden vor einer intensiven körperlichen Aktivität unter normalen (Umwelt-)bedingungen erfolgt. Gemäß EFSA ist es unwahrscheinlich, dass bei Aufnahmen bis zu dieser Menge klinisch relevante Veränderungen des Blutdrucks, des myokardialen Blutflusses, des Hydratationsstatus oder der Körpertemperatur auftreten (EFSA, 2015).

Für den gewohnheitsmäßigen Koffeinverzehr leitete die EFSA eine über den Tag verteilte noch gesundheitlich unbedenkliche Zufuhr von bis zu 400 mg (entsprechend 5,7 mg/kg KG) für gesunde Erwachsene ab.

Bei Schwangeren und Stillenden ist entsprechend der EFSA-Stellungnahme eine über den Tag verteilte Aufnahmemenge von bis zu 200 mg Koffein für den Fötus und das gestillte Kind gesundheitlich unbedenklich. Auch bei stillenden Frauen gelten 200 mg als Einzeldosis für das gestillte Kind als unbedenklich (EFSA, 2015).

In ihrer Stellungnahme weist die EFSA darauf hin, dass für Kinder und Jugendliche die verfügbaren Daten hinsichtlich eines Zusammenhanges zwischen der Koffeinaufnahme und gesundheitlichen Effekten für die Ableitung einer sicheren Aufnahmemenge (als akute Einzeldosis oder für den gewohnheitsmäßigen über den Tag verteilten Verzehr) nicht ausreichend sind. Die EFSA kommt jedoch zu dem Schluss, dass die für Erwachsene unbedenkliche akute Einzeldosis an Koffein von 3 mg/kg KG auch für Kinder und Jugendliche als sicher angesehen werden kann, da die Rate, mit der Kinder und Jugendliche Koffein metabolisieren, mindestens der von Erwachsenen entspricht. Für den gewohnheitsmäßigen Koffeinkonsum von Kindern und Jugendlichen schlägt die EFSA daher ebenfalls ein Sicherheitsniveau von 3 mg/kg KG pro Tag vor (EFSA, 2015).

3.2 Taurin

Taurin (2-Aminoethansulfonsäure) ist eine Substanz, die natürlicherweise in Lebensmitteln, insbesondere in Meeresfrüchten und Fleisch, und auch als endogener Metabolit beim Menschen vorkommt. Im menschlichen Körper entsteht Taurin als Stoffwechselendprodukt hauptsächlich aus der Aminosäure Cystein in der Leber. Die Aufnahme über die normale Ernährung variiert zwischen 10 und 400 mg pro Tag (EFSA, 2009). Taurin kommt in besonders hohen Konzentrationen im Herz- und Skelett-Muskel vor (Schaffer et al., 2010).

3.2.1 Gesundheitliche Effekte von Taurin

3.2.1.1 Wirkung auf den Blutdruck

In mehreren Studien hat Taurin eine blutdrucksenkende Wirkung in hypertensiven Tiermodellen gezeigt (Abebe and Mozaffari, 2011; Hano et al., 2009; Nara et al., 1978; Sato et al., 1987; Trachtman et al., 1989). Auch eine klinische randomisierte doppelblinde placebokontrollierte Humanstudie deutet darauf hin (Sun et al., 2016). In dieser Studie erhielten 120 prähypertensive Personen (Alter 18 bis 75 Jahre) entweder 1,6 g Taurin pro Tag oder ein Placebo über 12 Wochen. Taurin reduzierte signifikant den ambulant gemessenen 24-Stunden-Blutdruck, insbesondere bei Personen, die einen hoch-normalen Blutdruck aufwiesen. Der ambulante systolische Blutdruck reduzierte sich in der Taurin-Gruppe um 3,8 mmHg während in der Placebo-Gruppe lediglich eine Verringerung von 0,3 mmHg gemessen wurde. Der ambulante diastolische Blutdruck reduzierte sich um 3,5 mmHg in der Taurin-Gruppe und nur um 0,6 mmHg in der Placebo-Gruppe.

3.2.1.2 Wirkung auf Calciumhomöostase und Muskelkontraktion

Insbesondere wird diskutiert, dass Taurin bei der Calciumhomöostase im Muskel mitwirkt. So konnte gezeigt werden, dass physiologische Taurin-Konzentrationen die isometrische Kraft in gehäuteten Muskelfaser-Präparationen aus atrialen und ventrikulären Herzmuskelzellen des Schweins sowie der langsamen abdominalen Muskulatur des Krebses erhöhen. Dabei wurde angenommen, dass dies auf einer erhöhten Ca²⁺-Sensitivität

kontraktiler Myofilamente beruht (Galler et al., 1990). Des Weiteren wurde auf Basis von Untersuchungen an gehäuteten Gewebestückchen von Rattenherzen angenommen, dass Taurin direkt mit dem sarkoplasmatischen Retikulum interagiert und dass Taurin die Koffein-induzierte Kontraktion verstärkt (Steele et al., 1990). In humanen gehäuteten vastus lateralis Muskelfaser-Präparationen, die 11 gesunden Personen per Biopsie entnommen worden waren, erhöhte Taurin die Aufnahme von Ca^{2+} in das sarkoplasmatische Retikulum sowohl in Typ-1- als auch Typ-2-Fasern (Dutka et al., 2014). In einer weiteren Studie erhöhte eine Taurin-Behandlung von gehäuteten Muskelfasern des extensor digitorum longus der Ratte signifikant die Depolarisations-induzierte Antwortstärke. Hier wurde ebenfalls eine verstärkte Ca^{2+} -Akkumulation im sarkoplasmatischen Retikulum gemessen, aber auch eine verstärkte Taurin-induzierte Ca^{2+} -Ausschüttung, weshalb angenommen wurde, dass Taurin mit den Ca^{2+} -release-Kanälen interagiert. Des Weiteren wurde gezeigt, dass Taurin sowohl den Peak als auch die Anstiegsrate einer Koffein-induzierten Antwort erhöhte (Bakker and Berg, 2002).

3.2.1.3 Wirkung auf die Herzmuskelkontraktilität

In einer doppelblinden Crossover-Studie erhielten 13 trainierte Ausdauersportler 40 Minuten vor dem Training entweder

(a) ein 500-ml-Placebo-Getränk (Energydrink ohne Taurin, ohne Glucuronolacton, ohne Koffein, mit Glukose (10,5 g), mit Sacharose (43 g)) oder

(b) ein 500-ml-Kontroll-Getränk (Energydrink ohne Taurin, ohne Glucuronolacton, mit Koffein (160 mg), mit Glukose (10,5 g), mit Sacharose (43 g)) oder

(c) ein 500-ml-Verum-Getränk (Original des Energydrinks mit Taurin (2.000 mg), mit Glucuronolacton (1,2 g), mit Koffein (160 mg), mit Glukose (10,5 g), mit Sacharose (43 g)) (Baum and Weiss, 2001).

Das Placebo- und das Kontrollgetränk wurden ebenso wie das Originalgetränk von der Herstellerfirma des Energydrinks hergestellt. Echokardiographische Untersuchungen wurden vor dem Verzehr des Getränks, 40 Minuten nach dem Verzehr und direkt vor der Übung (Radfahren) sowie in der Regenerationsphase nach dem Radfahren durchgeführt.

Die Herzfrequenz stieg nach dem Training bei allen drei Interventionen signifikant an, was vermutlich auf die sportliche Aktivität zurückzuführen ist. Jedoch wurde nur in der Verum-Gruppe nach „Getränk mit Taurin, Glucuronolacton, Koffein und Training“ ein signifikanter Anstieg der Verkürzungsfraktion (fractional shortening) sowie eine signifikante Verringerung des linksventrikulären endsystolischen Durchmessers (LVESD) beobachtet. Da diese ventrikulären Effekte nicht in der Placebo- und auch nicht in der Kontroll-/Koffeingruppe beobachtet wurden, gehen die Autoren davon aus, dass die Kombination aus Taurin und Koffein in dem Original-Energydrink die linksventrikuläre Kontraktilität des Herzens steigerte (Baum and Weiss, 2001). Dabei ist jedoch anzumerken, dass ein Getränk mit Taurin, aber ohne Koffeinzusatz nicht getestet wurde, so dass nicht geklärt werden kann, inwieweit Taurin auch allein für die ventrikulären Effekte verantwortlich sein könnte. Darüber hinaus enthielt der Energydrink neben Koffein und Taurin auch Glucuronolacton, wobei es unwahrscheinlich ist, dass Glucuronolacton zu den beobachteten Effekten beigetragen hat.

In einer Studie mit 32 gesunden Probandinnen und Probanden (20 Männer, 12 Frauen, mittleres Alter: 28 Jahre) tranken alle eine auf die Körperoberfläche angepasste Menge

eines kommerziell erhältlichen Energydrinks (168 ml/m²) mit einem üblichen Gehalt an Koffein (0,03 %) und Taurin (0,4 %) (Doerner et al., 2015). Für einen typischen Teilnehmenden entsprach das, gemäß der Autoren, einer Zufuhr von 105 mg Koffein und 1.304 mg Taurin in einem Volumen von 326 ml. Zehn der Teilnehmenden wurden als Kontrollgruppe ausgewählt, die an einem anderen Tag (mehr als 1 Woche Abstand) einen kommerziell erhältlichen Koffeindrink (34 mg/100 ml) ohne Taurin zu sich nahmen. Die Teilnehmenden wurden vor dem Verzehr des Getränks und eine Stunde danach mittels Herz-Magnetresonanztomographie untersucht. Der Energydrink-Konsum führte zu einem kleinen aber signifikanten Anstieg der maximalen systolischen Strain Rate (peak systolic strain rate), die einen Parameter für die regionale Kontraktilität darstellt (Sinning, 2009). Dieser Effekt wurde nicht in der Koffein-Gruppe beobachtet. Dagegen war die globale linksventrikuläre Funktion unverändert (Doerner et al., 2015). Es ist jedoch anzumerken, dass keine Angaben gemacht wurden, welche Komponenten neben Koffein und Taurin in dem kommerziellen Energydrink bzw. neben Koffein in dem kommerziellen Koffein-Getränk enthalten waren und inwieweit diese ansonsten vergleichbar sind. Somit kann nicht ausgeschlossen werden, dass auch andere Inhaltsstoffe Einfluss auf den beobachteten Effekt gehabt haben könnten. Aufgrund der Wirkungen von Glucuronolacton und Inositol erscheint es jedoch unwahrscheinlich, dass diese, derartige Wirkungen zeigen.

Aus den dargestellten Studien ergeben sich Hinweise darauf, dass Taurin eine blutdrucksenkende Wirkung bei prähypertensiven Personen haben kann und die Myokard-Kontraktilität steigern könnte, wobei dies über einen Ca²⁺-abhängigen Mechanismus geschehen könnte.

3.2.1.4 Taurin-Mangel und Herzfunktion im Tiermodell

In Tierstudien konnten Ito et al. zeigen, dass Taurin-Transporter-Knockout Mäuse (TauTKO) – mit einem Defizit des Taurin-Gehalts im Herz- und Skelettmuskel im Vergleich zum Wild-Typ – strukturelle und funktionelle Veränderungen der Herzventrikel aufweisen: dilatierte Ventrikel mit einer Verringerung der Wanddicke, Herzmuskel-Atrophie verbunden mit kleineren Kardiomyozyten und ein verringertes Herzminutenvolumen. Die Skelettmuskelzellen der TauTKO-Mäuse wiesen ein verringertes Zellvolumen und strukturelle Schädigungen auf (Ito et al., 2008; Ito et al., 2010).

In einer weiteren Studie wurde männlichen Wistar-Ratten ein Taurin-Transporter-Antagonist (3 % Beta-Alanin) über 30 Tage verabreicht (T(-); n = 17) während der Kontrollgruppe (C; n = 17) dieser Antagonist nicht verabreicht wurde (Pansani et al., 2012). Bei den behandelten Ratten zeigte sich ein eindeutiger Abfall der Taurin-Konzentration im linken Ventrikel im Vergleich zur Kontrollgruppe (C = 1,8 ± 0,8 µmol/mg Gewebe; T(-) = 0,4 ± 0,1 µmol/mg Gewebe). Die Autoren stellten bei den Taurin-defizienten Ratten eine Abnahme der ventrikulären Wanddicke, der hinteren linken ventrikulären Wanddicke und des Gewichts des linken Ventrikels fest. Bezogen auf die Funktion des Herzens verringerte sich die Ejektionsfraktion, die Verkürzungsfraktion und das Herzminutenvolumen. Insgesamt kamen Pansani et al. zu dem Schluss, dass der Taurin-Mangel bei den Ratten zu einer Herz-Atrophie, insbesondere des linken Ventrikels, führte, wobei die genauen Mechanismen unbekannt waren.

3.2.1.5 Gesundheitlich adverse Effekte einer Taurin-Supplementierung

Die publizierten Humanstudien zu Taurin beschäftigen sich vorrangig mit den möglichen positiven Effekten von Taurin, so dass adverse Effekte kaum betrachtet werden. Das Norwegian Scientific Committee for Food and Environment (VKM) (VKM, 2015a) hat jedoch im Rahmen einer Risikobewertung zu Taurin einige wenige Studien identifiziert, in denen auch über unerwünschte Wirkungen einer Taurin-Supplementierung berichtet wurde.

In einer Open-Label-Studie sollten die Effekte von Taurin auf das adaptive Verhalten und die Verträglichkeit bei einer Succinat-Semi-Aldehyd-Dehydrogenase-Mangel-Erkrankung (eine angeborene Stoffwechselstörung des GABA-Abbaus) getestet werden (Pearl et al., 2014). Die Taurin-Dosen wurden kontinuierlich von 50 mg/kg auf 200 mg/kg angehoben. Die 18 Teilnehmenden waren zwischen 0,5 und 28 Jahre alt. Insgesamt nahmen 16 Probandinnen und Probanden für 3 bis 50 Monate an der Studie teil. Die Taurin-Gaben zeigten keine klinisch relevanten Verbesserungen der Erkrankung. Dagegen zeigte eine Person (30 Jahre) bei einer Dosierung von 200 mg/kg KG (16 g/Tag) einen schwerwiegenden adversen Effekt, eine Hypersomnie, die im Krankenhaus behandelt werden musste. Dies führte dazu, dass die maximale Gabe an Taurin auf 10 g pro Tag limitiert wurde. Weitere adverse Effekte, über die berichtet wurde, waren schwere Müdigkeit und Somnolenz sowie milde bis moderate Effekte hinsichtlich des Auftretens von kognitiven Veränderungen, Ataxie und Insomnie (Pearl et al., 2014). Bei dieser Studie ist jedoch darauf hinzuweisen, dass die Probandinnen und Probanden eine Erkrankung aufwiesen und/oder z. T. Säuglinge waren, so dass auf Basis dieser Studie keine Rückschlüsse hinsichtlich der gesunden Allgemeinbevölkerung gezogen werden können.

In einer Crossover-Studie (zwei Perioden über 7 Tage) mit acht gesunden Männern (22 ± 1 Jahr), in der untersucht wurde, ob eine Taurin-Supplementation den Taurin-Gehalt im Muskel erhöhen bzw. den Substratstoffwechsel bei längerer Belastung verändern kann, klagte während der Taurin-Periode (3× täglich 2 Kapseln mit 0,83 g Taurin $\pm$ 5 g täglich) eine Person über Muskelkrämpfe (Galloway et al., 2008). Diese milden unerwünschten Wirkungen könnten mit den oben beschriebenen potentiell möglichen Wirkungen von Taurin auf die Kontraktilität der Muskulatur erklärt werden.

Brons et al. (2004) untersuchten in einer doppelblinden randomisierten Cross-over-Studie die Wirkung von Taurin auf die Insulinsekretion bei 20 übergewichtigen Männern mit einer Prädisposition für Typ-2-Diabetes mellitus (Brons et al., 2004). Die Probanden wurden entweder 8 Wochen mit Taurin oder 8 Wochen mit einem Placebo behandelt. Taurin wurde in einer Tagesdosis von 1.500 mg verabreicht. Achtzehn Probanden schlossen die Studie ab. Die Teilnehmenden gaben keine Hinweise auf unerwünschte Wirkungen.

In einer doppelblinden randomisierten Studie mit 51 Frauen (18–22 Jahre), die eine Eisenmangelanämie aufwiesen, wurde untersucht, ob die orale Gabe von Taurin die Wirksamkeit von einer oralen Eisensulfatsupplementierung bei der Behandlung von Eisenmangel erhöht (Sirdah et al., 2002). Die Probandinnen wurden 20 Wochen lang mit Eisensulfat behandelt. Zusätzlich erhielt eine Gruppe (n = 26) täglich eine Kapsel mit 1.000 mg Taurin, während eine andere Gruppe ein Placebo erhielt (n = 25). Die Autoren berichteten, dass keine unerwünschten Wirkungen von Taurin festgestellt wurden.

3.2.1.6 Gesundheitlich unbedenkliche Taurin-Zufuhrmengen

Das VKM bezieht sich auf die Humanstudien (Brons et al., 2004; Sirdah et al., 2002), bei denen keine unerwünschten Wirkungen nach Taurin-Gaben von bis zu 1.500 mg pro Tag

auftraten. Auf Basis dieser Studien hält das VKM es für unwahrscheinlich, dass Taurin-Aufnahmen von bis zu 21 mg/kg KG pro Tag (entsprechend etwa 1.500 mg pro Tag bei einem 70 kg schweren Erwachsenen) gesundheitlich adverse Effekte auslösen (VKM, 2015a).

Die EFSA leitete auf Basis einer 13-wöchigen (subchronischen) Neurotoxizitätsstudie mit Ratten einen NOAEL von 1.000 mg/kg KG pro Tag für pathologische Veränderungen und von 1.500 mg/kg KG für Verhaltensveränderungen ab. Das Panel schlussfolgerte daraus, dass beim Menschen keine gesundheitlichen Einwände gegen tägliche Zufuhren von bis zu 1.400 mg Taurin pro Tag bestehen (die Zufuhrmenge im 95. Perzentil des chronischen Energydrink-Konsums, die gemäß EFSA 350 ml pro Tag entspricht) (EFSA, 2009; SCF, 2003).

Das BfR weist darauf hin, dass Taurin in den meisten der hier diskutierten Studien als Einzelsubstanz beurteilt wurde und mögliche Wechselwirkungen von Taurin mit anderen Inhaltsstoffen aus Energydrinks, wie z. B. Koffein, abgesehen von solchen zu diuretischen Effekten, die als unwahrscheinlich angesehen wurden (EFSA, 2009), nicht betrachtet wurden. In ihrer Stellungnahme zur Unbedenklichkeit von Koffein kam aber die EFSA zu dem Schluss, dass Taurin in handelsüblichen Energydrink-Konzentrationen (4.000 mg pro Liter) nicht die Unbedenklichkeit von Koffein-Einzeldosen bis zu 200 mg beeinflusst (EFSA, 2015). Mögliche Interaktionen bei höheren Koffein- bzw. Taurin-Aufnahmemengen wurden nicht bewertet.

3.3 Glucuronolacton

Glucuronolacton wird als Stoffwechselprodukt der Glukose auch natürlicherweise im Körper gebildet (EFSA, 2009; McLellan and Lieberman, 2012) und ist außerdem ein Bestandteil des fibrösen Bindegewebes. Mit der Nahrung wird Glucuronolacton nur in geringen Mengen aufgenommen (1 bis 2 mg pro Tag) (EFSA, 2009). Aufgenommenes Glucuronolacton wird komplett absorbiert, hydrolysiert und im Urin als Glucuronsäure, Xylitol und L-Xylulose ausgeschieden (Dowben, 1956; EFSA, 2009).

3.3.1 Gesundheitliche Effekte von Glucuronolacton

In einer älteren Studie, in der 100 mg pro kg KG Glucuronolacton oder andere Zuckersubstanzen dreimal täglich Ratten injiziert wurden, wurden nach Glucuronolacton-Gabe positive Effekte auf die Schwimmleistung, den Blutzucker und die Leber-Glykogen-Gehalte beobachtet, welche mit den anderen Zuckersubstanzen nicht beobachtet wurden (Tamura et al., 1968). Jedoch wurden in anderen Studien nach Injektion von Glukose und Galaktose ähnliche Beobachtungen gemacht (Coyle et al., 1986; Coyle et al., 1983), so dass davon auszugehen ist, dass diese Effekte auf den allgemein bekannten ergogenen Wirkungen von Kohlenhydraten beruhen (McLellan and Lieberman, 2012).

3.3.2 Gesundheitlich unbedenkliche Glucuronolacton-Zufuhrmengen

Gemäß EFSA zeigte eine 13-wöchige (subchronische) Rattenstudie mit Aufnahmemengen von bis zu 1.000 mg Glucuronolacton/kg KG pro Tag keine schädlichen Wirkungen, wobei insbesondere Nierentoxizität betrachtet wurde (EFSA, 2009).

Im Gegensatz zu Primaten einschließlich des Menschen können Nagetiere endogen Vitamin C aus Glucuronsäure synthetisieren und können somit auch aus exogen zugeführtem Glucuronolacton Vitamin C bilden. Jedoch wurde aufgeführt, dass gemäß Literatur Glucuronolacton vorrangig über den Pentose-Weg metabolisiert wird, während der Vitamin-

C-Weg nur eine untergeordnete Rolle spielt, so dass das Rattenmodell anwendbar erschien (EFSA, 2009).

Das EFSA-Panel kam zu dem Schluss, dass keine gesundheitlichen Einwände gegen tägliche Zufuhren von bis zu 840 mg Glucuronolacton bestehen. Dies entspricht der Glucuronolacton-Zufuhr im 95. Perzentil des chronischen Energydrink-Konsums, die gemäß EFSA (2009) bei 350 ml pro Tag liegt (EFSA, 2009; SCF, 2003).

3.4 Inosit

Der Zuckeralkohol Inosit ist ein weißes kristallines, geruchloses Pulver mit einem leicht süßlichen Geschmack (EFSA, 2014). Natürlicherweise wird Inosit von fast allen Pflanzen und Tieren synthetisiert. Es existiert in neun möglichen Stereoisomeren, von denen vier physiologisch aktiv sind. Hauptsächlich liegt es in Form von myo-Inosit vor. In der Natur liegt Inosit sowohl gebunden als auch ungebunden vor. Freies Inosit wird zu über 90 % im Dünndarm absorbiert. Die Bioverfügbarkeit von myo-Inosit aus Phytinsäure (Inositolhexaphosphat) ist sehr begrenzt und hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab, wie der Phytatlöslichkeit und dem Vorhandensein von Mineralstoffen, Pflanzenphytasen, mikrobiellen Darm-Phytasen, mit der Nahrung zugeführten Phytasen und der Lebensmittelverarbeitung (EFSA, 2016).

Endogenes Inosit wird hauptsächlich in den Nieren synthetisiert, und die Konzentration an freiem Inosit in den Nierenmarkzellen ist 1000-fach höher als im Blut. Es wird geschätzt, dass im Menschen etwa 4 g pro Tag produziert werden. Die Plasmaspiegel werden in den Nieren durch glomeruläre Filtration, Reabsorption und Katabolismus oder Exkretion reguliert (EFSA, 2014).

3.4.1 Gesundheitliche adverse Effekte von Inosit

Das VKM (VKM, 2015b) hat im Rahmen seiner Risikobewertung zu Inosit verschiedene Humanstudien und einen Review identifiziert, in denen über unerwünschte Wirkungen nach Inosit-Gabe berichtet wurde:

In einem Review wurden 12 kontrollierte klinische Studien mit insgesamt 250 Erwachsenen betrachtet, die 4 bis 30 g Inosit pro Tag (entsprechend 57 bis 429 mg pro kg KG pro Tag für eine 70 kg-Person) über 1 bis 12 Monate erhielten (Carlomagno and Unfer, 2011). Die am häufigsten berichteten und dosisabhängigen unerwünschten Wirkungen waren Übelkeit, Blähungen, weicher Stuhlgang und Durchfall. Bei einer Dosierung von 4 g Inosit pro Tag wurden milde unerwünschte Wirkungen wie milde Insomnie und Blähungen angegeben.

In einer Open-Label-Studie wurden die Sicherheit und maximal tolerierbare Dosis von myo-Inosit bei Raucherinnen und Rauchern (24 Männer, 2 Frauen) mit einer bronchialen Dysplasie untersucht (Lam et al., 2006). Um die maximal tolerierbare Dosis zu ermitteln, wurde zunächst bei 16 Probandinnen und Probanden die verabreichte Dosis an myo-Inosit von 12 auf 30 g pro Tag während eines Monats gesteigert. Unerwünschte Wirkungen waren Blähungen, loser Stuhlgang oder Durchfall. Es wurde ein No Observed (Adverse) Effect Level (NOAEL) von 18 g pro Tag ermittelt. In einer zweiten Phase wurde dann 10 Probandinnen und Probanden diese Dosis für drei Monate verabreicht. Als unerwünschte Wirkungen wurden leichte gastrointestinale Symptome während des ersten Monats der Behandlung aufgeführt. Es gab auch eine statistisch signifikante, wenn auch klinisch unbedeutende

Zunahme an Hämoglobin nach der Einnahme von 18 g pro Tag myo-Inositol über mehr als 4 Wochen (Lam et al., 2006).

In einer klinischen Studie in Israel, die Inosit versus Fluvoxamin zur Behandlung von Panikstörungen bei ansonsten gesunden Personen verglich (N = 21; 9 Männer, 12 Frauen, mittleres Alter 39 Jahre) (Palatnik et al., 2001), wurden folgende unerwünschte Wirkungen bei der Verabreichung von 12 g Inosit pro Tag (1. Woche) bis 18 g Inosit pro Tag (2. bis 4. Woche) beobachtet: Übelkeit (8 Personen) und Müdigkeit (1 Person).

3.4.2 Gesundheitlich unbedenkliche Inosit-Zufuhrmengen

Die Qualität der vorliegenden Humanstudien ist nicht ausreichend, um sichere Zufuhrmengen für Inosit abzuleiten. Studien mit einer Gabe von 4 g Inosit pro Tag (entsprechend 57 mg pro kg KG pro Tag) zeigten jedoch entweder keine oder nur bei sehr wenigen Teilnehmenden milde unerwünschte Wirkungen (Carlomagno and Unfer, 2011).

In Bezug auf Tierstudien waren keine konventionellen toxikologischen Studien verfügbar; aber die Ergebnisse von Studien in Nagetiermodellen mit chronischen Erkrankungen lassen gemäß EFSA vermuten, dass die Toxizität von Inosit gering ist (EFSA, 2014). In Mäusen, bei denen mit anderen Substanzen Tumore induziert worden waren, wurden über einen Dosis-Bereich von 450–9.000 mg pro kg KG pro Tag keine adversen Effekte durch Inosit beobachtet. Nur eine Studie mit diabetischen und nicht-diabetischen Ratten zeigte einen adversen Effekt bei 1.800 mg pro kg KG pro Tag (Verdickung der Basalmembran der Kapillaren in der Retina und der Glomeruli bei nicht-diabetischen Ratten) (EFSA, 2014).

3.5 Energydrinks als „vollständige Produkte“

Ergänzend zu der in den Abschnitten 3.1 bis 3.4 vorgenommenen Bewertung von einzelnen Inhaltsstoffen von Energydrinks sollen nachfolgend die Energydrinks als vollständige Produkte betrachtet werden.

3.5.1 Wirkungen von Energydrinks auf das Herz-Kreislauf-System

Für die im Jahr 2019 veröffentlichte BfR-Stellungnahme hatte das BfR eine umfassende Literaturrecherche zu publizierten Interventionsstudien mit Energydrinks durchgeführt, in denen Herz-Kreislauf-Parameter untersucht worden waren (nicht systematische Suche bis Januar 2018). In den damals identifizierten Interventionsstudien wurden ausschließlich akute Effekte des Energydrink-Konsums bei fast ausschließlich jungen, gesunden Erwachsenen (18 bis 45 Jahre) analysiert. Nur eine Studie betrachtete auch Jugendliche im Alter von 15 bis 18 Jahren; allerdings wurden die Ergebnisse nicht separat für Jugendliche und Erwachsene ausgewertet (Hajsadeghi et al., 2016).

Seitdem wurden Ergebnisse aus zwei Interventionsstudien mit Kindern und Jugendlichen zum akuten Konsum von Energydrinks sowie aus einer Querschnittsstudie mit Jugendlichen aus Berlin zum chronischen Hochkonsum von Energydrinks veröffentlicht. Eine erneute Recherche zu Studien mit Erwachsenen wurde nicht durchgeführt.

Allgemeine Merkmale der in die Bewertung einbezogenen Studien:

Die in die Bewertung einbezogenen Studien sowie eine Metanalyse sind in Tabelle 1 im Anhang mit dem jeweiligen Studiendesign aufgeführt. Eine Studie wurde mit Patientinnen und Patienten, die ein familiär-bedingtes verlängertes QTc-Syndrom aufwiesen, durchgeführt (Gray et al., 2017). Die Probandinnen und Probanden der Interventionsstudien

verzehrt die Energydrinks meist als Einzeldosis innerhalb eines kurzen Zeitraums (maximal innerhalb drei Stunden), d. h. es wurden lediglich akute Wirkungen untersucht. In zwei Studien wurde die akute Energydrink-Dosis zwei- bis mehrmals täglich verabreicht (Franks et al., 2012; Shah et al., 2016b). In der Regel reichte die Beobachtungszeit von 0,5 Stunden bis 24 Stunden. Zwei Studien erweiterten die Energydrink-Exposition und Beobachtungszeit über sieben Tage, gemessen wurden jedoch akute Effekte an bestimmten Tagen innerhalb dieses Zeitraums (Shah et al., 2016b; Steinke et al., 2009). Wenn angegeben, lagen die durch Energydrinks verabreichten Koffein-Dosierungen bei Erwachsenen hauptsächlich zwischen 80 mg und 320 mg pro Tag. Den Kindern und Jugendlichen in der EDUCATE-Studie wurden gewichtsadjustiert 3 mg Koffein pro kg KG über Energydrinks als Einzeldosis verabreicht. Im Interventionsteil der israelischen Studie erhielten dagegen die Jugendlichen, die bereits regelmäßig Energydrinks konsumierten, nur 250 ml Energydrink, was einem Koffeingehalt von schätzungsweise 80 mg Koffein entspricht (Koffeingehalt wurde nicht angegeben). Die Taurin-Dosierungen bei Erwachsenen, wenn überhaupt angegeben, lagen zwischen 1.000 mg und 4.000 mg pro Tag (eine Studie mit 100 mg Taurin). Wenig Information gab es zu den eingenommenen Glucuronolacton-Mengen (84 und 1.200 mg pro Tag) und fast keine für Inosit.

Das Design der drei seit 2019 publizierten Studien zu Kindern und Jugendlichen wird im Folgenden kurz vorgestellt.

Interventionsstudie: Energydrinks „Unexplored Cardiovascular Alterations in TEens and TwEens“ (EDUCATE):

Die EDUCATE-Studie ist eine randomisierte, prospektive, einfach bzw. zweifach verblindete (für die Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer) und placebokontrollierte Crossover-Studie. Sie untersuchte die akuten Auswirkungen des Konsums von Energydrinks auf die Herz-Kreislauf-Funktion bei gesunden Kindern und Jugendlichen. Sie wurde von April bis Oktober 2021 an der Ludwig-Maximilians-Universität in München durchgeführt (Li et al., 2022; Mandilaras et al., 2022; Mandilaras et al., 2026; Oberhoffer et al., 2023b; Oberhoffer et al., 2022a, b). Die Studienpopulation umfasste bis zu 27 gesunde Kinder und Jugendliche im Alter von 10 bis 18 Jahren (mittleres Alter $\pm$ SD: 14,5 $\pm$ 2,4 Jahre). Es wurden folgende Ausschlusskriterien festgelegt: chronische kardiovaskuläre Erkrankungen, ein plötzlicher Herztod in der Familienanamnese, Allergien gegen Inhaltsstoffe von Getränken, regelmäßige Einnahme von Medikamenten mit möglichen Auswirkungen auf das Herz-Kreislauf-System, regelmäßiger Konsum von Drogen, Alkohol und Rauchen sowie eine Schwangerschaft.

Im Rahmen des Crossover-Designs der EDUCATE-Studie erhielten die Teilnehmenden an zwei aufeinanderfolgenden Tagen entweder einen handelsüblichen, koffeinhaltigen Energydrink oder ein Placebo-Getränk ohne die üblicherweise in Energydrinks enthaltenen Inhaltsstoffe. Die Menge des verabreichten Energydrinks wurde auf das Körpergewicht adjustiert und führte zu einer maximalen akuten Koffeinaufnahme, die gemäß EFSA für gesunde Kinder und Jugendliche unbedenklich ist (3 mg Koffein pro kg KG). Die Menge des verabreichten Placebo-Getränks entsprach der Menge des Energydrinks. Beide Getränke wiesen einen ähnlichen Zuckergehalt und Geschmack auf.

Verschiedene echokardiographische und elektrokardiographische Parameter wurden sowohl zu Beginn als auch 30, 60, 120, 180 und 240 Minuten nach Getränkekonsum an jedem Studientag gemessen. Zudem wurden Blutdruck und Herzfrequenz zu diesen Zeitpunkten und über 24 Stunden gemessen.

Interventionsstudie aus Israel:

In einer israelischen Studie wurde in einer ersten Studienphase der Energydrink-Konsum bei Jugendlichen an Schulen in der Stadt Nazareth und ihrer nördlichen Umgebung abgefragt und in einer zweiten Studienphase wurden nach einer placebokontrollierten Intervention die akuten Effekte nach Energydrink-Konsum untersucht (Mansour et al., 2019). Insgesamt nahmen 375 Schülerinnen und Schüler im Alter zwischen 16 und 18 Jahren an der Befragung teil. Von diesen gaben 206 Teilnehmende an, Energydrinks zu konsumieren. Für die zweite Studienphase wurden 41 Jugendliche, die regelmäßig Energydrinks konsumierten (mindestens zwei Dosen pro Woche) und 40 Jugendliche, die noch nie Energydrinks konsumiert hatten, zu einer Untersuchung in eine Klinik eingeladen. Die regelmäßigen Energydrink-Verzehrerinnen und -Verzehrer erhielten einen Energydrink à 250 ml (Koffeingehalt wurde nicht angegeben, handelsübliche Energydrinks enthalten aber 80 mg Koffein à 250 ml) und die Kontrollgruppe 250 ml Wasser. Es wurden die Herzfrequenz, die Atemfrequenz und der Blutdruck sowie das subjektive Wohlbefinden vor und nach dem Verzehr in Abständen von 15 bis 30 Minuten, 1 Stunde und 2 Stunden erfasst.

Querschnittsstudie: „Studie zum chronisch hohen Konsum von Energydrinks und zum KARDIOVASKULÄREN Risiko bei Jugendlichen im Alter von 15 – 18 Jahren“ (EDKAR):

Das BfR hat in Kooperation mit der Charité – Universitätsmedizin Berlin von März 2022 bis Mai 2024 die EDKAR-Studie durchgeführt (Menzel et al., 2025). Mit dieser als Querschnittsstudie konzipierten Studie sollte untersucht werden, wie häufig und in welchen Mengen Jugendliche im Alter von 15 bis 18 Jahren Energydrinks konsumieren und ob sich ein übermäßiger, langanhaltender Konsum von Energydrinks auf die Entstehung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen auswirkt.

Die Studie wurde in zwei Phasen durchgeführt. In der ersten Studienphase wurde an 29 Berliner Schulen (Gymnasium, Integrierte Sekundarstufe, Oberstufenzentrum; angefragt wurden 156 Schulen) in 359 Klassen eine Online-Befragung zum Konsum von Energydrinks und anderen koffeinhaltigen Getränken sowie zum Freizeit- und Gesundheitsverhalten durchgeführt. Insgesamt haben 5100 Schülerinnen und Schüler den Fragebogen vollständig ausgefüllt. Anhand der in dieser „Screening-Phase“ erhobenen Daten wurden Personen mit chronisch hohem Konsum sowie eine Kontrollgruppe identifiziert und zu einer kardiologischen Untersuchung eingeladen. Etwa ein Drittel jeder Gruppe meldeten sich auf die Einladung zurück und wurde dann in der zweiten Studienphase an der Charité kardiologisch untersucht. Ein chronischer Energydrink-Hochkonsum wurde wie folgt definiert: an mindestens 4 Tagen pro Woche seit mindestens einem Jahr ein so hoher Energydrink-Konsum, dass es allein dadurch zur Überschreitung des EFSA-Grenzwertes von 3 mg Koffein pro Kilogramm Körpergewicht (kg KG) pro Tag kommt. Die Kontrollgruppe wurde folgendermaßen definiert: kein Energydrink-Konsum in den letzten 12 Monaten und pro Woche nicht mehr als 80 mg Koffein aus anderen koffeinhaltigen Getränken.

In der Studienphase 2 wurden die identifizierten Jugendlichen beider Gruppen zu einer kardiologischen Untersuchung an die Charité – Universitätsmedizin Berlin eingeladen. Dort wurden Parameter aus der Echokardiografie und dem Elektrokardiogramm sowie der Blutdruck und die Herzfrequenz gemessen und die Ergebnisse der untersuchten chronischen Hochkonsumentinnen und Hochkonsumenten (n = 97) mit denen der Kontrollgruppe (n = 160) verglichen.

3.5.1.1 Wirkungen von Energydrinks auf den Blutdruck

Hintergrund:

Gewisse Schwankungen des Blutdrucks sind normal und als Anpassungsreaktion an exogene und endogene Anforderungen anzusehen. Bluthochdruck ist eine Erkrankung des Gefäßsystems, bei der die Blutdruckwerte dauerhaft zu hoch sind (NIH, 2024; Raven and Chapleau, 2014). Schwellenwerte für die Bluthochdruckdiagnostik werden in Deutschland für Erwachsene in der S3-Leitlinie Nationale VersorgungsLeitlinie Hypertonie (BÄK/KBV/AWMF, 2023) und für Kinder und Jugendliche in der S2k Leitlinie Arterielle Hypertonie im Kindes- und Jugendalter angegeben, wobei für Kinder unter 16 Jahren die geschlechts-, alters und größenabhängigen Referenzwerte zur Berechnung der Blutdruck-Perzentilen verwendet werden sollen. Bei Jugendlichen ab 16 Jahren gelten für Erwachsene definierten Grenzwerte (BÄK/KBV/AWMF, 2023; DGPK, 2018, 2022).

Bei Erwachsenen wird ein akuter und starker Anstieg des systolischen oder diastolischen Blutdrucks (SBP; DBP) (> 180 mmHg systolisch bzw. > 110 mmHg diastolisch) als „hypertensiver Notfall“ definiert, wenn er mit einer drohenden oder fortschreitenden Organschädigung verbunden ist oder ohne akute Begleitsymptome als „hypertensive Entgleisung“ (BÄK/KBV/AWMF, 2023). Für Kinder und Jugendliche werden keine konkreten Schwellenwerte für den „hypertensiven Notfall“ in der Leitlinie angegeben (DGPK, 2022).

Bei den hier identifizierten Interventionsstudien, die als Endpunkt den Blutdruck nach Energydrink-Konsum untersuchten, wurden lediglich akute Wirkungen analysiert (maximal über 7 Tage als akute Einzeldosis) und nicht die möglichen chronischen Folgen eines langfristigen Energydrink-Konsums.

Erwachsene:

Bei einer über Energydrinks verabreichten akuten Koffeindosis von nicht mehr als 200 mg betrugen die systolischen Blutdruckveränderungen bezogen auf den Ausgangswert etwa $+ 3$ mmHg bis $+ 9$ mmHg (Elitok et al., 2015; Franks et al., 2012; Grasser et al., 2015; Grasser et al., 2014; Majeed et al., 2017; Marczynski et al., 2014; Miles-Chan et al., 2015; Ragsdale et al., 2010; Steinke et al., 2009) und die diastolischen etwa $+ 2$ bis $+ 5$ mmHg (Elitok et al., 2015; Grasser et al., 2014; Hajsadeghi et al., 2016; Majeed et al., 2017; Marczynski et al., 2014; Miles-Chan et al., 2015; Steinke et al., 2009). Auch bei akuten Koffeindosen von bis zu 320 mg wurden keine Erhöhungen über 9 mmHg gemessen (Basrai et al., 2019; Fletcher et al., 2017; Kurtz et al., 2013; Phan and Shah, 2014; Rashti et al., 2009; Shah et al., 2016c; Svatikova et al., 2015). Eine unkontrollierte Open-Label-Studie zeigte keine signifikanten Veränderungen des SBP bei Koffeinemengen über 200 mg (240 mg) (Higgins et al., 2017). Gravierende Blutdruckveränderungen wurden in einer Open-Label-Studie aus den USA beobachtet, in der 960 ml eines Energydrinks konsumiert wurden (Kozik et al., 2016). Hier stieg der systolische Blutdruck nach dem Verzehr um fast 20 mmHg (von $132 \pm 7,83$ auf $151 \pm 11,21$ mm Hg; $p = 0,001$). Allerdings wurde keine Kontrollgruppe mitgeführt, und es wurden keine Koffeingehalte angegeben. Das BfR weist darauf hin, dass die USA keine gesetzlichen Höchstmengen für Koffein und andere Inhaltsstoffe in Energydrinks festgelegt haben.

Identifizierte Studien mit verabreichten Koffeindosen um die 100 mg bzw. darunter zeigten keine signifikanten Veränderungen des Blutdrucks (Al-Fares et al., 2015; Alford et al., 2001; Doerner et al., 2015).

Insgesamt ist festzustellen, dass durch den akuten Konsum von Energydrinks der Blutdruck deutlich erhöht werden kann. Die Blutdrucksteigerung beruht vermutlich auf dem Inhaltsstoff Koffein, wobei Taurin diese Erhöhung abmildern könnte. Auf Basis der identifizierten Interventionsstudien führte ein moderater akuter Energydrink-Konsum (akute Einzeldosis mit bis zu 200 mg Koffein und Taurin (in den Studien hier: nicht mehr als 2.000 mg, falls angegeben) bei Erwachsenen zu maximalen Blutdruckveränderungen von etwa 10 mmHg systolisch und 5 mmHg diastolisch.

Die dadurch induzierten akuten Blutdruckerhöhungen bei gesunden Erwachsenen können als physiologisch und gesundheitlich unbedenklich gelten, sofern sie gelegentlich bzw. temporär und unter normalen (Umwelt)-bedingungen auftreten. Auch Koffein-Dosen von mehr als 200 mg bis zu 320 mg über Energydrinks führten in den identifizierten Studien mit jungen, gesunden Erwachsenen nicht zu einem Anstieg des Blutdrucks von klinischer Bedeutung. Allerdings ist anzumerken, dass bei Personen mit hohem Blutdruck derartige Erhöhungen bereits gesundheitlich bedenklich sein könnten.

Kinder und Jugendliche:

In der als Interventionsstudie konzipierten EDUCATE-Studie wurde bei Kindern 30 Minuten nach dem Verzehr von Energydrinks mit gewichtsadjustierten Koffeinaufnahmemengen, die gemäß EFSA gesundheitlich unbedenklich sind (3 mg pro kg KG), ein mittlerer Anstieg des systolischen Blutdrucks (SBP) von anfangs $112,74 \pm 8,67$ mmHg (Zeitpunkt 0) um 3,59 mmHg auf $116,33 \pm 7,69$ mmHg beobachtet (Oberhoffer et al., 2022b). Diese Erhöhung hielt bis zu 60 Minuten an und sank nach zwei Stunden wieder etwas (120 Minuten: $113,59 \pm 8,25$ mmHg; 240 Minuten: $114,30 \pm 8,01$ mmHg).

Die signifikanten Unterschiede der SBP-Werte zwischen den beiden Gruppen zu den Zeitpunkten 120 und 240 Minuten basieren vor allem darauf, dass in der Kontrollgruppe im Vergleich zur Energydrink-Gruppe eine stärkere Abnahme der SBP-Werte zu verzeichnen war, während in der Energydrink-Gruppe der Abfall im SBP geringer ausfiel (Oberhoffer et al., 2022b).

Der mittlere diastolische Blutdruck (DBP) war in der Energydrink-Gruppe nach dem Konsum von Energydrinks im Vergleich zur Placebo-Gruppe ebenfalls signifikant höher (+ 3,29 mmHg). Die einzelnen DBP-Messwerte zu den jeweiligen Zeitpunkten wurden nicht berichtet (Oberhoffer et al., 2022b).

In der EDUCATE-Studie untersuchten Oberhoffer et al. bei 17 Kindern auch die Auswirkungen von Energydrinks auf den 24-Stunden-Blutdruck (Oberhoffer et al., 2023b). Im 24-Stunden-Monitoring zeigte sich nach Verzehr des Energydrinks im Vergleich zur Placebogruppe ein signifikant höherer systolischer Blutdruck (SBP) (+5,26 mmHg; 115,90 vs. 110,64 mmHg), diastolischer Blutdruck (DBP) (+3,45 mmHg; 66,08 vs. 62,63 mmHg), mittlerer arterieller Blutdruck (MAP) (+ 4,63 mmHg; 89,75 vs 85,12 mmHg), zentraler systolischer Blutdruck (cSBP) (+ 2,59 mmHg; 101,77 vs 99,18 mmHg) und zentraler diastolischer Blutdruck (cDBP) (+ 4,48 mmHg; 68,47 vs 63,99 mmHg).

Ein weiterer Endpunkt war die Berechnung des relativen Anteils der SBP- und DBP-Messwerte (Hypertensive SBP and DBP measurements (%)), die von den Autoren und der Autorin als arterielle Hypertonie eingestuft wurden, für den Tag, die Nacht und den gesamten 24-Stunden-Zeitraum. Für diese Parameter zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in der Nacht bzw. im Zeitraum von 24 Stunden zwischen der Energydrink-

Gruppe und der Placebogruppe, während am Tag eine signifikante Zunahme des relativen Anteils der hypertensiven, medianen DBP-Messwerte berichtet wurde (ED-Gruppe vs. Placebo-Gruppe: 10,71 % (8,09–26,14 %) vs. 10,64 % (4,17–16,89 %), $p = 0,049$).

Insgesamt ist auf Basis der EDUCATE-Studie festzustellen, dass die akute Aufnahme der gemäß EFSA unbedenklichen Koffeindosis (3 mg pro kg KG) über Energydrinks bei Kindern im mittleren Alter von etwa 14 Jahren zur Erhöhung des Blutdrucks führen kann.

In der israelischen Studie hatten die regelmäßigen Energydrink-Verzehrer bereits vor der Intervention einen signifikant höheren mittleren systolischen Blutdruck im Vergleich zur Kontrollgruppe (119,10 vs 111,85 mmHg; $p < 0,05$) (Mansour et al., 2019). Nach dem akuten Verzehr des Energydrinks änderte sich der systolische Blutdruck innerhalb der Energydrink-Gruppe nur geringfügig (15-30 Minuten: + 2,75 mmHg; 60 Minuten: + 2,49 mmHg; 120 Minuten: – 1,27 mmHg), jedoch blieb der signifikante Unterschied zwischen den Gruppen über alle drei Messpunkte nach dem Verzehr bestehen. Der diastolische Blutdruck war zu keinem Messzeitpunkt signifikant unterschiedlich zwischen den beiden Gruppen. Insgesamt ist jedoch anzumerken, dass bei dieser Studie nicht für mögliche Störfaktoren adjustiert wurde, so dass die bereits vorliegenden Unterschiede zwischen den beiden Gruppen beim systolischen Blutdruck zu Beginn der Studie nicht eindeutig bewertet werden können. Im Gegensatz zur EDUCATE-Studie ist davon auszugehen, dass der EFSA-Grenzwert bei den Jugendlichen im Alter von 16 bis 18 Jahren mit einem 250-ml-Energydrink (mit vermutlich 80 mg Koffein) nicht ausgeschöpft wurde.

In der EDKAR-Querschnittsstudie, die die langfristigen Auswirkungen eines chronisch hohen Energydrink-Konsums untersuchte, konnte bei Jugendlichen im Alter von 15 bis 18 Jahren kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen chronischen Hochkonsumentinnen und Hochkonsumenten ($n=97$) und der Kontrollgruppe ($n=160$) hinsichtlich des systolischen und diastolischen Blutdrucks festgestellt werden, sowohl im unadjustierten Modell als auch unter Berücksichtigung verschiedener Confounder (Menzel et al., 2025). Dabei ist anzumerken, dass in der EDKAR-Studie als Beobachtungsstudie keine Vorgaben gemacht wurden, ob und/oder zu welchem Zeitpunkt Energydrinks konsumiert werden sollten. Die Teilnehmenden sollten sich so verhalten wie im üblichen Alltag. Somit wurden nicht die kurzfristigen Effekte eines akuten Konsums untersucht.

3.5.1.2 Wirkungen von Energydrinks auf die Herzfrequenz

Hintergrund:

Eine erhöhte Herzfrequenz in Ruhe ist mit einem höheren Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Mortalität verbunden (Cooney et al., 2010). Gemäß der S2k Leitlinie Nutzung der Herzschlagfrequenz und der Herzfrequenzvariabilität in der Arbeitsmedizin und der Arbeitswissenschaft liegt die Ruheherzschlagfrequenz bei Erwachsenen in der Regel zwischen 60 und 80 Schlägen pro Minute (bpm). Bei ausdauertrainierten Personen können in Ruhe Werte deutlich unterhalb von 50 bpm gemessen werden (DGAUM/GfA/DGSP/DPG, 2021; Sammito et al., 2024). Aber auch eine Herzfrequenz in Ruhe von 60 bis 100 bpm wird für Erwachsene von medizinischen Fachgesellschaften als normal angesehen. Eine eindeutige Aussage darüber, ab welchem Schwellenwert ein erhöhtes Gesundheitsrisiko besteht, ist allerdings schwierig (Stoschitzky, 2011).

Im Säuglings- und Kleinkindalter sind die Ruhe-Herzfrequenzen höher als bei Erwachsenen; bei Jugendlichen beginnen die Herzfrequenzmesswerte sich den Werten von Erwachsenen anzunähern (Fleming et al., 2011).

Erwachsene:

Bei den Studien mit Erwachsenen, in denen über Energydrinks nicht mehr als 200 mg Koffein akut aufgenommen worden waren, wurde sowohl ein Anstieg der Herzfrequenz (zwischen + 2 und 8 bpm, + 16 bpm mit Sport) (Alford et al., 2001; Baum and Weiss, 2001; Elitok et al., 2015; Franks et al., 2012; Grasser et al., 2015; Grasser et al., 2014; Steinke et al., 2009), keine Änderung (Al-Fares et al., 2015; Doerner et al., 2015; Menci et al., 2013) als auch ein Abfall der Herzfrequenz beobachtet (Hajsadeghi et al., 2016; Ragsdale et al., 2010). Bei Koffeindosen von mehr als 200 mg bis zu 320 mg zeigten die Studien von Basrai et al. und Fletcher et al. einen Anstieg der Herzfrequenz (wenn auch bei Fletcher nicht signifikant) um ca. 3 bis 4 bpm (Basrai et al., 2019; Fletcher et al., 2017), während die Herzfrequenz in anderen Studien kaum beeinflusst wurde (Higgins et al., 2017; Kurtz et al., 2013; Phan and Shah, 2014; Rashti et al., 2009; Shah et al., 2016b; Shah et al., 2016c; Svatikova et al., 2015). Eine Metaanalyse zeigte ebenfalls keine signifikanten Herzfrequenzveränderungen nach Energydrink-Konsum (Shah et al., 2016a).

Die Datenlage, inwieweit ein akuter Konsum von Energydrinks von bis zu einem Liter die Herzfrequenz beeinflusst, ist widersprüchlich, so dass diesbezüglich keine eindeutigen Aussagen getroffen werden können.

Kinder und Jugendliche:

In den Publikationen von Mandilaras et al. aus den Jahren 2022 und 2026 wird ausgeführt, dass in der EDUCATE-Studie die Herzfrequenz in der Energydrink-Gruppe zwei Stunden nach dem akuten Konsum signifikant geringer war als in der Placebogruppe ($-3,11$ bpm, $p = 0,012$), jedoch war sie nach drei und vier Stunden, wenn auch nicht signifikant, um etwa 2 bpm höher als in der Placebogruppe (Mandilaras et al., 2022; Mandilaras et al., 2026).

Oberhoffer et al. (2022) berichten, dass sich die maximale Veränderung der Herzfrequenz gegenüber dem Ausgangswert nach dem akuten Konsum von Energydrinks im Vergleich zur Placebogruppe nicht signifikant unterschied (Oberhoffer et al., 2022b). Darüber hinaus zeigte sich auch im 24-Stunden-Monitoring kein signifikanter Unterschied in der Herzfrequenz zwischen der Energydrink- und der Placebogruppe (Oberhoffer et al., 2023b).

In der israelischen Studie wurde ebenfalls kein signifikanter Unterschied in der Herzfrequenz zwischen der Energy- und Kontrollgruppe gezeigt (Mansour et al., 2019).

Aus Sicht des BfR lassen sich aufgrund dieser bisher wenigen Daten ebenso wie bei den Erwachsenen keine eindeutigen Schlussfolgerungen darüber ziehen, ob der akute Konsum von Energydrinks mit noch gemäß EFSA unbedenklichen Koffeinaufnahmemengen die Herzfrequenz beeinflusst.

Hinsichtlich der langfristigen Auswirkungen eines chronisch hohen Konsums von Energydrinks auf die Herzfrequenz konnte die EDKAR-Querschnittsstudie keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen chronischen Hochkonsumentinnen und Hochkonsumenten ($n = 97$) und der Kontrollgruppe ($n = 160$) feststellen, sowohl im unadjustierten Modell als auch unter Berücksichtigung von Confoundern (Menzel et al., 2025).

3.5.1.3 Wirkungen von Energydrinks auf das QTc-Intervall

Hintergrund:

Das QT-Intervall ist eine Messgröße bei der Auswertung des Elektrokardiogramms und stellt die Dauer der ventrikulären Systole dar, d. h. das Zeitintervall, das für den Abschluss sowohl der ventrikulären Depolarisation als auch der Repolarisation benötigt wird (Kautzner, 2002). Eine signifikante Verlängerung des QT-Intervalls deutet auf eine verzögerte kardioventrikuläre Repolarisation hin, die die Ursache für eine lebensbedrohliche ventrikuläre Tachykardie sein kann, z. B. schlimmstenfalls die Torsade-de-Pointes, die sich zu Kammerflimmern entwickeln kann und somit mit dem plötzlichen Herztod enden kann (FDA, 2005). Verlängerungen des QT-Intervalls können angeboren (genetisch) oder erworben sein und viele Ursachen, wie z. B. Ionenkanalerkrankungen, Myokarditis, die Einnahme von Medikamenten etc. haben (Lazzerini et al., 2015; Thomas and Behr, 2016; Yap and Camm, 2003). Da sich die Dauer der ventrikulären Repolarisation mit zunehmender Herzfrequenz verkürzt, muss eine Frequenzkorrektur des QT-Intervalls (QTc) vorgenommen werden, für die eine Korrekturformel verwendet wird (FDA, 2005; Haverkamp, 2002). Nach Angaben der S2k-Leitlinie „Tachykardie Herzrhythmusstörungen im Kindes-, Jugend- und jungen Erwachsenenalter (EMAH-Patienten)“, die allerdings derzeit überarbeitet wird, stellen die folgenden Schwellenwerte ein verlängertes QTc-Intervall dar: > 460 ms für Kinder (1 bis 15 Jahre), > 450 ms für männliche Jugendliche und Männer (> 15 Jahre) und > 470 ms für weibliche Jugendliche und Frauen (> 15 Jahre) (DGPK, 2018).

Erwachsene:

Bei den in Tabelle 1 im Anhang aufgeführten Interventionsstudien, bei denen nicht mehr als 200 mg Koffein akut über Energydrinks aufgenommen wurden, konnte kein signifikanter Einfluss auf das QTc-Intervall festgestellt werden (Brothers et al., 2016; Elitok et al., 2015; Hajsadeghi et al., 2016; Ragsdale et al., 2010; Steinke et al., 2009). Lediglich in einer Studie mit übergewichtigen Personen wurde bei diesen Dosen eine QTc-Verlängerung beobachtet, jedoch wiesen die übergewichtigen Personen bereits zum Ausgangszeitpunkt höhere QTc-Intervalle auf als die normalgewichtigen Personen (Alsunni et al., 2015). Von den Studien, in denen 320 mg Koffein über Energydrinks aufgenommen worden waren, zeigten zwei eine signifikante Verlängerung des QTc-Intervalls im Vergleich zu vor dem Konsum (+ 3 bis 8 ms) (Basrai et al., 2019; Shah et al., 2016c). Bei der Studie von Fletcher et al. wurde zwar im Vergleich zur Koffeingruppe ein signifikanter Unterschied im QTc-Intervall 2 h nach dem Verzehr beobachtet (960 ml Energydrink mit 320 mg Koffein), der jedoch auf der Reduktion des QTc-Intervalls im Koffein-Arm beruhte, während das QTc-Intervall innerhalb des Energydrink-Arms bezogen auf vor dem Konsum kaum Unterschiede zeigte (Fletcher et al., 2017).

Eine gravierende Erhöhung des QTc-Intervalls zeigte die in den USA durchgeführte Open-Label-Studie von Kozik et al., bei der 14 Teilnehmende 960 ml eines Energydrinks konsumierten (Kozik et al., 2016). Hier verlängerte sich das QTc-Intervall um ca. 80 ms von $423 \pm 22,74$ ms auf $503 \pm 24,56$ ms ($p < 0,001$), was per Definition einem verlängerten QTc-Intervall entspricht und somit ein Risiko bergen kann. Allerdings wurde hier keine Kontrollgruppe mitgeführt und die Koffeinzufuhr nicht angegeben.

In einer Interventionsstudie mit Patientinnen und Patienten, die ein bereits bestehendes familiäres verlängertes QT-Syndrom aufwiesen, führte ein moderater akuter Energydrink-

Konsum (mit Koffein- und Taurinzufuhr von 160 mg bzw. 2.000 mg) bei einigen Teilnehmenden zu einer schwerwiegenden QTc-Verlängerung (> 50 ms) bis zu einem maximalen Wert von 557 ms. Jedoch war der Anstieg des QTc-Intervalls für die gesamte Energydrink-Gruppe nicht signifikant (Gray et al., 2017).

Insgesamt scheint der akut moderate Energydrink-Konsum mit einer Koffeinzufuhr von bis zu 200 mg das QTc-Intervall bei jungen gesunden Erwachsenen nicht zu beeinflussen. Daher kann davon ausgegangen werden, dass eine gelegentlich moderate Aufnahme von Energydrinks unter normalen (Umwelt)-bedingungen für gesunde Erwachsene kein Gesundheitsrisiko in Bezug auf Veränderungen des QTc-Intervalls darstellt. In Verbindung mit einem Energydrink-Konsum von einem Liter zeigten drei von vier Studien eine signifikante Erhöhung des QTc-Intervalls. In einer dieser Studien wurden ernsthafte QTc-Verlängerungen, die ein potentiell Gesundheitsrisiko darstellen könnten, bei jungen gesunden Erwachsenen durch einen hohen Konsum von Energydrinks (Koffeinmenge wurde nicht aufgeführt) induziert. Außerdem könnten bei Patientinnen und Patienten mit einem bereits vorliegenden verlängerten QTc-Syndrom schon bei moderatem Konsum QTc-Intervall-Steigerungen mit einem möglichen ernstzunehmenden Gesundheitsrisiko auftreten (Gray et al., 2017).

Kinder und Jugendliche:

In der EDUCATE-Studie wurden nach akuter Gabe von 3 mg Koffein pro kg KG über Energydrinks zu keinem Zeitpunkt signifikante Unterschiede im QTc-Intervall beobachtet (Mandilaras et al., 2022). Jedoch zeigte sich eine signifikante Verringerung des QT-RR-Verhältnisses zwei Stunden nach Verzehr in der Energydrink-Gruppe im Vergleich zur Placebogruppe, die laut Mandilaras et al. auf die signifikant verringerte Herzfrequenz zu diesem Zeitpunkt zurückzuführen sein könnte. Wie bei der Herzfrequenz auch, waren aber die QT-RR-Verhältnisse zu den späteren Zeitpunkten nach Verzehr in der Energydrink-Gruppe, wenn auch nicht signifikant, im Vergleich zur Placebogruppe erhöht (Mandilaras et al., 2022).

Für Kinder und Jugendliche gibt es keine Daten zu den möglichen akuten Effekten auf das QTc-Intervall nach höheren Energydrink-Verzehrmengen.

In der EDKAR-Studie konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede im QTc-Intervall zwischen chronischen Hochkonsumentinnen und -Hochkonsumenten von Energydrinks und der Kontrollgruppe festgestellt werden, sowohl im unadjustierten Modell als auch unter Berücksichtigung von Confoundern (adjustiert für Alter, Geschlecht, sportliche Aktivität, Rauchstatus, Rauchen von Cannabis und Alkoholkonsum, Schultyp) (Menzel et al., 2025). Dies galt auch für weitere erhobene Parameter des Elektrokardiogramms, wie z. B. das PQ-Intervall oder die QRS-Dauer.

3.5.1.4 Wirkungen von Energydrinks auf die Herzleistung (z. B. inotrope Effekte)

Hintergrund:

Die Herzfunktion wird durch die myokardiale Kontraktilität beeinflusst (Authenrieth et al., 1984). Eine Erhöhung der Kontraktilität führt zu einer erhöhten Herzleistung bzw. Herzminutenvolumen. Das Herzminutenvolumen (L/min) ist die Blutmenge, die das Herz in einer Minute pumpt und stellt das Produkt aus dem Schlagvolumen und der Herzfrequenz (beats per minute = bpm) dar (Vincent, 2008). Gewisse Veränderungen des

Herzminutenvolumens können als vorübergehende Anpassungsreaktion an den unterschiedlichen Sauerstoffbedarf des Herzmuskels und des Skelettmuskels in Abhängigkeit von unterschiedlichen exogenen und endogenen Reizen (z. B. Sport) betrachtet werden (Duncker and Bache, 2008; Evans, 1985).

Weitere Parameter zur Erfassung der Kontraktilität des Myokards sind u. a. die Verkürzungsfraction die maximale systolische Strain Rate (peak systolic strain rate), der linksventrikuläre endsystolische Durchmesser (LVESD).

Erwachsene:

In einigen Interventionsstudien, die in Tabelle 1 im Anhang aufgeführt sind, sind Parameter zur Erfassung der Herzleistung nach Energydrink-Konsum erfasst worden. In allen diesbezüglichen Studien wies zumindest ein Teil der gemessenen Parameter darauf hin, dass die Kontraktilität des Myokards bzw. die Herzleistung nach einem akuten Energydrink-Konsum gesteigert wurde (Baum and Weiss, 2001; Doerner et al., 2015; Grasser et al., 2015; Grasser et al., 2014; Menci et al., 2013; Miles-Chan et al., 2015).

Die Studien, die eine Koffeinkontrolle mitgeführt haben, weisen darauf hin, dass diese Effekte insbesondere auf der Gesamtzusammensetzung der Energydrinks beruhen könnten, da die Koffein-Kontrolle keine Auswirkung auf diese Parameter hatte. Im Folgenden werden daher die Interventionsstudien mit Koffein-Kontrollen nochmals näher aufgeführt.

Das Studiendesign von Baum und Weiß wurde bereits im Abschnitt 3.2.1.3 erläutert (Baum and Weiss, 2001). Im Gegensatz zu dem Kontrollgetränk mit Koffein (160 mg) (aber ohne Taurin) und dem Placebo zeigte sich bei akutem Verzehr von 500 ml des Original-Energydrinks (mit 160 mg Koffein und 2.000 mg Taurin) nach dem Training ein signifikanter Anstieg des Schlagvolumens und der Verkürzungsfraction sowie eine signifikante Verringerung des linksventrikulären endsystolischen Durchmessers. Die Autoren schlussfolgerten, dass die Kombination aus Taurin und Koffein in dem Original-Getränk die linksventrikuläre Kontraktilität des Herzens steigern könnte (Baum and Weiss, 2001).

Das Studiendesign von Doerner et al. wurde ebenfalls bereits in Abschnitt 3.2.1.3 erläutert (Doerner et al., 2015). Der akute Energydrink-Konsum (entsprechend 105 mg Koffein und 1.304 mg Taurin für einen typischen Teilnehmenden) führte zu einem kleinen aber signifikanten Anstieg der maximalen systolischen Strain Rate, welche ein Parameter für die regionale Kontraktilität darstellt (Sinning, 2009). Dieser Effekt wurde nicht in der Koffein-Gruppe beobachtet, weshalb die Autoren schlussfolgern, dass koffein- und taurinhaltige Energydrinks die myokardiale Kontraktilität beeinflussen könnten (Doerner et al., 2015). Allerdings kann nicht eindeutig ausgeschlossen werden, ob auch andere Inhaltsstoffe des Energydrinks Einfluss auf den beobachteten Effekt haben könnten.

In der Studie von Miles-Chan et al. wurde geprüft, wie sich der akute Verzehr von Koffein-Getränken oder Energydrinks auf den Blutdruck oder die Herzleistung auswirkt (Miles-Chan et al., 2015). In dieser kontrollierten randomisierten Crossover-Studie erhielten 18 gesunde junge Männer ($25,4 \pm 1,3$ Jahre) verblindet an vier verschiedenen Tagen entweder 355 ml (1) Energydrink (mit 114 mg Koffein, 1.420 mg Taurin, 85 mg Glucuronolacton, 39 g Zucker) + Placebo-Kapsel (nicht weiter definiert); (2) zuckerfreien Energydrink + Placebo-Kapsel; (3) Wasser + 120 mg Koffein oder (4) Wasser + Placebo-Kapsel innerhalb von 4 Minuten. Die Koffeinmenge im Energydrink war vergleichbar, jedoch geringfügig weniger. Das kardiovaskuläre Monitoring erfolgte zum Ausgangszeitpunkt für 30 Minuten und nach dem

Verzehr des jeweiligen Getränks für 120 Minuten. Sowohl der Energydrink, der zuckerfreie Energydrink als auch das „Koffein + Wasser“-Getränk führten zu einer vergleichbaren Erhöhung des Blutdrucks (3-4 mmHg) im Vergleich zum „Wasser + Placebo“-Getränk ($p < 0,001$), nach dessen Konsum nur vernachlässigbare Veränderungen auftraten. Jedoch zeigten sich unterschiedliche Effekte auf Parameter der Herzfunktion. So steigerte nur der zuckerhaltige Energydrink im Gegensatz zu den anderen drei Getränken signifikant die Herzfrequenz, das Schlagvolumen (SV), das Herzminutenvolumen (HMV) (Herzfrequenz $\times$ Schlagvolumen), den Kontraktilitätsindex (repräsentiert den aortalen Peak Flow) und das Double Produkt (systolischer Blutdruck $\times$ Herzfrequenz; Surrogatmarker für myokardialen Sauerstoffbedarf) (bei allen Parametern $p < 0,01$). Dabei war der totale periphere Widerstand (total peripheral resistance, TPR) beim Energydrink verringert, während der zuckerfreie Energydrink und das „Wasser + Koffein“-Getränk im Vergleich zum Placebo eine Steigerung des peripheren Widerstandes bewirkten. Die Autoren schlussfolgern, dass die beobachteten Blutdruckveränderungen durch unterschiedliche hämodynamische Wege ausgelöst worden sein könnten: durch den Energydrink über Veränderungen der Myokardleistung und durch Koffein als Einzelsubstanz über vaskuläre Effekte. Da der zuckerfreie Energydrink die Herzparameter nicht beeinflusste, diskutieren die Autoren, dass dies ein Effekt der Kombination aus Koffein und Zucker sein könnte, der über Insulin vermittelt wird, dem inotrope Wirkungen zugeschrieben werden (Klein et al., 2010; Klein and Visser, 2010). Im Gegensatz zu den beiden vorherigen Studien wird hier nicht angenommen, dass Taurin oder die Kombination aus Taurin und Koffein für die Effekte auf die Herzleistung verantwortlich sein könnten, da auch das zuckerfreie Energydrink entsprechende Mengen Taurin und Koffein enthielt wie das zuckerhaltige, jedoch nicht die Wirkung auf die Herzleistung hatte.

Somit gibt es Hinweise dafür, dass der akute Verzehr von Energydrinks die Kontraktilität und somit die Herzleistung beeinflussen könnte. Die drei Studien mit Koffeinkontrollen weisen darauf hin, dass Energydrinks diesbezüglich möglicherweise anders zu bewerten sind als andere koffeinhaltige Lebensmittel ohne Energydrink-typische Inhaltsstoffe. Hinsichtlich der Frage, welche Inhaltsstoffe oder welche Kombination aus Inhaltsstoffen (Zucker, Taurin) für diese potentiellen Effekte verantwortlich sein könnten, ist die Datenlage jedoch widersprüchlich.

In Bezug auf den Endpunkt myokardiale Kontraktilität untersuchten die aufgeführten Interventionsstudien nur den akuten moderaten Konsum von Energydrinks (105 bis 160 mg Koffein) bei gesunden jungen Erwachsenen. Mit diesen Zufuhrmengen scheinen die beobachteten Veränderungen dieser Parameter, die die Kontraktilität widerspiegeln, physiologisch und gesundheitlich unbedenklich zu sein, sofern sie gelegentlich und unter normalen (Umwelt-) Bedingungen bei gesunden Erwachsenen auftreten.

Unklar bleibt, ob bei einem möglichen langfristigen hohen Energydrink-Konsum und der dadurch potentiell induzierbaren langfristigen Steigerung der myokardialen Kontraktilität Effekte auf die menschliche Gesundheit zu erwarten sind. Unklar bleiben auch die Effekte eines hohen akuten Konsums.

Kinder und Jugendliche:

In der EDUCATE-Studie wurden die akuten Auswirkungen des Konsums von Energydrinks auf die Dynamik und Effizienz der linken Herzkammer (left ventricular (LV) hemodynamics and efficiency) untersucht (N = 24) (Oberhoffer et al., 2022a): Die gemessenen konventionellen,

echokardiographischen Parameter der Ventrikel wie das Schlagvolumen (SV) und die Ejektionsfraktion (EF) zeigten nach dem Verzehr keine signifikanten Unterschiede zwischen der Energydrink- und der Placebogruppe. Nach vier Stunden konnte jedoch eine signifikant niedrigere cardiac efficiency (CE) (140,72 mmHg vs. 135,60 mmHg, $p < 0,01$) in der Energydrink- im Vergleich zur Placebogruppe festgestellt werden.

In der EDKAR-Querschnittsstudie wurden verschiedene echokardiografische Parameter untersucht: LVEF, LVEDd, IVSd, PWED, LVMI, LAVES (Vierkammerblick, Zweikammerblick, Mittelwert), LAVI, TAPSE, MAPSE, E-Welle, A-Welle, E/A, e' lateral, e' septal, e' Mittelwert, E/e' lateral, E/e' septal, E/e' Mittelwert sowie Global longitudinal strain. Im unadjustierten Modell ohne Bonferroni-Korrektur zeigte sich zunächst, dass chronische Hochkonsumentinnen und Hochkonsumenten statistisch signifikante höhere IVSd-Werte und niedrigere Werte des Parameters e' septal im Vergleich zur Kontrollgruppe hatten. Unter Anwendung der empfohlenen Bonferroni-Korrektur verlor dieser Gruppenvergleich jedoch die statistische Signifikanz. Auch bei der zusätzlichen Adjustierung wichtiger Confounder (adjustiert für Alter, Geschlecht, sportliche Aktivität, Rauchstatus, Rauchen von Cannabis und Alkoholkonsum, Schultyp) zeigten sich bei keinem der echokardiografischen Parameter signifikante Unterschiede zwischen beiden Gruppen (Menzel et al., 2025).

Weitere bei Kindern und Jugendlichen gemessene kardiologische Parameter

Extrasystolen:

Die Autoren der EDUCATE-Studie wiesen darauf hin, dass der akute Konsum von Energydrinks mit gemäß EFSA unbedenklichen Koffeinaufnahmemengen mit einem signifikanten Anstieg supraventrikulärer Extrasystolen einherging (Mandilaras et al., 2022).

Zur Bewertung der supraventrikulären Extrasystolen (SVES) wurde die Anzahl der beobachteten Herzschläge ohne Rhythmusstörungen ins Verhältnis zu den „Extrasystolen“, im Zeitraum von 0 bis 240 Minuten nach Getränkekonsum (incidence rate ratio, IRR: 1,7 (95 %-Konfidenzintervall: 1,058; 2,732), $p = 0,028$) gesetzt. Ein IRR-Wert von 1,7 besagt, dass in der Gruppe nach Energydrink-Konsum 70 % mehr Ereignisse (supraventrikuläre Extrasystolen) auftraten als nach Placebo-Konsum. Allerdings bewegte sich die absolute Anzahl der SVES in der Placebogruppe und der Energydrink-Gruppe in einem niedrigen Bereich.

Arteriensteifigkeit:

Im Rahmen der EDUCATE-Studie haben Li et al. auch die Auswirkungen des akuten Konsums von Energydrinks auf die Arteriensteifigkeit der Halsschlagadern untersucht (Li et al., 2022). Dafür wurden die Endpunkte Circumferential Strain (CS), Strain Rate (SR) und die arterielle Dehnbarkeit (arterial distensibility) gemessen. Der Energydrink-Konsum führte im Vergleich zur Placebo-Aufnahme zu einer signifikant geringeren maximalen Umfangsdehnung der beiden Halsschlagadern (common carotid artery, CCA) ($11,78 \pm 2,70$ % gegenüber $12,29 \pm 2,68$ %, $p = 0,043$) bei den Teilnehmenden; wobei aber kein signifikanter Effekt im Zeitverlauf ab Energydrink-Aufnahme beobachtbar war. Der Parameter CS wird als Marker für die lokale Gefäßsteifigkeit verwendet. Ein verringerter CS-Wert deutet auf eine erhöhte Steifigkeit (Stiffness) der Arterienwand hin.

Hinsichtlich der Parameter SR und arterielle Dehnbarkeit konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen der Energydrink-Gruppe und der Placebogruppe gezeigt werden.

Herzfrequenzvariabilität:

In der EDUCATE-Studie wurde auch untersucht, wie sich der akute Energydrink-Konsum auf die Funktion des autonomen Nervensystems (insbesondere auf das Gleichgewicht zwischen sympathischer und parasympathischer Aktivität) auswirkt, indem die Herzfrequenzvariabilität (heart rate variability, HRV) gemessen wurde (Mandilaras et al., 2026).

Hierzu wurde die HRV mit einem 24-Stunden-EKG überwacht, indem die Standardabweichung der normalen RR -Intervalle (Standard Deviation of N-to-N intervals, SDNN), der quadratische Mittelwert aufeinanderfolgender Differenzen (Root Mean Square of Successive Differences, RMSSD) und low-frequency (LF) und high-frequency (HF) Komponenten gemessen wurden. Während mittels des Parameters SDNN die allgemeine autonome Flexibilität beurteilt werden kann, gibt der RMSSD den aktuellen Erholungsstatus (parasympathische Regulation) an.

Eine Stunde nach Verzehr des Getränks zeigte sich beim Parameter SDNN ein signifikanter Unterschied zwischen der Energydrink-Gruppe und der Placebogruppe ($ED = 133,346 \pm 50,217$ ms vs. $Placebo = 115,654 \pm 47,583$ ms, $p = 0,023$). In den nachfolgenden Zeitintervallen (bis 240 min) wurden jedoch keine signifikanten Unterschiede im SDNN beobachtet.

Ein Anstieg des SDNN weist darauf hin, dass die Gesamtvariabilität der Herzschläge zugenommen hat. Mandilaras et al. interpretieren diesen Anstieg als akute Reaktion des autonomen Nervensystems im Sinne einer Stressreaktion des jugendlichen Herzens auf die im Energydrink enthaltenen Inhaltsstoffe wie beispielsweise Koffein (Mandilaras et al., 2026).

Für die anderen gemessenen Parameter zeigten sich keine signifikanten Unterschiede.

3.5.2 Zusätzliche erfasste adverse Effekte von Energydrinks

3.5.2.1 Humanstudien

Erwachsene:

In den hier betrachteten Interventionsstudien mit Energydrinks mit Fokus auf Herz-Kreislauf-Parameter (Tabelle 1 im Anhang) wurde maximal ein Liter Energydrink an Erwachsene verabreicht, und es wurden lediglich die akuten Wirkungen eines Energydrink-Konsums betrachtet.

Bei zwei Studien mit über Energydrinks akut verabreichten Koffeinemengen von 80 mg gaben die Teilnehmende an, keine unerwünschten Wirkungen zu haben (Franks et al., 2012; Hajsadeghi et al., 2016).

In der Studie von Steinke et al. ($n = 15$) wurden über Energydrinks über sieben Tage 200 mg Koffein und 2.000 mg Taurin verabreicht (Steinke et al., 2009). Es wurde über milde unerwünschte Wirkungen wie z. B. Unruhe ($n = 4$), Magen-Darm-Beschwerden oder Bauchkrämpfe ($n = 3$), vermehrtes Wasserlassen ($n = 1$), gestörter Schlaf ($n = 1$) und kräftigere Herzschläge ($n = 1$) berichtet. Eine Kontrollgruppe wurde nicht mitgeführt.

In der Studie von Kurtz et al. ($n = 20$) wurde über einen Energy Shot etwa bis zu 215 mg Koffein verabreicht (Kurtz et al., 2013). Es wurde über folgende unerwünschte Wirkungen

berichtet: Unruhe (n = 2), Übelkeit (n = 1), Herzrasen (n = 1), Schwitzen (n = 1) und Bauchschmerzen (n = 1). Aber auch die Teilnehmenden der Kontrollgruppe (entkoffeinierter Energy Shot) berichteten über Kopfschmerzen (n = 1), Unruhe (n = 1), Herzrasen (n = 1), Schläfrigkeit (n = 3) und Bauchschmerzen (n = 1).

Phan et al. verabreichten über Energy Shots ebenfalls 215 mg Koffein an 10 Teilnehmende. Ein Teilnehmender klagte über Schwindel und ein weiterer über Herzrasen. Aber auch ein Teilnehmender, der einen entkoffeinieren Energy Shot verzehrt hatte, berichtete über Kopfschmerzen (Phan and Shah, 2014).

In der Studie von Basrai et al. wurden durch den akuten Verzehr von 750 oder 1.000 ml Kontrollprodukt, ein Energydrink (320 mg/L Koffein, 4.000 mg/L Taurin, 308 mg/L Glucuronolacton, 92 mg/L Inositol), Kontrollprodukt plus Koffein oder Kontrollprodukt plus Taurin bei allen vier Interventionen bei einigen Teilnehmenden mäßige bis schwerwiegendere Symptome hervorgerufen (Basrai et al., 2019). Bei der Verabreichung von 1.000 ml war jedoch der größte Anteil der Teilnehmenden (7 von 19) nach dem Verzehr der Energydrinks betroffen, während nach der Verabreichung von 750 ml der größte Anteil der Teilnehmenden nach dem Verzehr des Kontrollprodukts plus Koffein (6 von 19) betroffen war. Schwerwiegende Symptome, die bei fünf von 38 Personen auftraten, wurden nur nach der Verabreichung der Energydrinks (schwerer Tremor, schwere Übelkeit) oder des Kontrollprodukts plus Koffein (schwerer Tremor, schwere Unruhe) hervorgerufen.

In der Studie von Fletcher et al. berichteten 15 Teilnehmende (n = 18) nach dem akuten Konsum von 960 ml Energydrink (320 mg Koffein, Taurin und Glucuronolacton unbekannt) über folgende unerwünschte Wirkungen: Ängstlichkeit (n = 3), Einschlafprobleme (n = 4), Schwindel (n = 3), Dyspepsie/Magenverstimmung (n = 4), Nasenbluten (n = 1), Kopfschmerzen (n = 2), Nervosität (n = 8), Übelkeit (n = 2), Herzrasen (n = 4) und Kurzatmigkeit (n = 1). Aber auch 13 Teilnehmende der Koffeingruppe (n = 18) berichteten über ähnliche unerwünschte Wirkungen (Fletcher et al., 2017).

In den anderen recherchierten Interventionsstudien (siehe Tabelle 1 im Anhang) wurden unerwünschte Wirkungen nicht thematisiert, d. h. es ist unklar, inwieweit diese überhaupt abgefragt wurden.

Insgesamt wurde bei einem akut moderaten Energydrink-Konsum mit aufgenommenen Koffeinmengen bis zu 200 mg durch junge gesunde Erwachsene kaum über unerwünschte Wirkungen berichtet. Die akute Einnahme höherer Mengen (bis zu einem Liter) führte bei einigen Teilnehmenden zu moderaten bis zu schweren, unerwünschten Wirkungen. Jedoch zeigten einige Personen auch Wirkungen, nachdem sie höhere Mengen an Koffein durch ein mitgeführtes Kontrollgetränk ohne typische andere Energydrink-Inhaltsstoffe aufgenommen hatten. Dies lässt vermuten, dass hauptsächlich Koffein für die adversen Wirkungen verantwortlich sein könnte. In einigen Studien berichteten einige Personen auch nach der Einnahme eines Getränks ohne Koffein von unerwünschten Wirkungen. Es ist nicht klar, ob dies auf andere Zutaten in diesem Getränk oder durch eine möglicherweise induzierte Aufregung hinsichtlich der Teilnahme an der Studie zurückzuführen ist.

Für eine noch höhere Aufnahme (mehr als ein Liter Energydrinks) lagen keine Daten vor.

Kinder und Jugendliche:

In der EDUCATE-Studie wurde auch die Schlafdauer, die Einschlafzeit, die Aufwachzeit sowie die Schlafqualität durch Erstellung von Selbstprotokollen erfasst (Oberhoffer et al., 2023b). Die Energydrink-Gruppe wies im Vergleich zur Placebogruppe eine signifikant kürzere Schlafdauer auf ($7,55 \pm 0,92$ h vs. $8,43 \pm 1,70$ h, $p = 0,041$) sowie eine signifikant frühere Aufwachzeit (7:00 Uhr (6:30–7:30 Uhr) vs. 8:00 Uhr (7:00–8:00 Uhr), $p = 0,027$) auf. Die Einschlafzeit und die Schlafqualität unterschieden sich nicht signifikant (Oberhoffer et al., 2023b).

Im Zusammenhang mit dem chronischen Hochkonsum untersuchte die EDKAR-Querschnittsstudie unangenehme körperliche Empfindungen nach dem Konsum von Energydrinks. Dabei berichtete fast die Hälfte der chronischen Hochkonsumentinnen und -konsumenten, schon einmal unangenehme körperliche Empfindungen nach dem Trinken von Energydrinks gehabt zu haben. Die am häufigsten genannten waren Herzklopfen/Herzrasen, schlechter Schlaf, Kopfschmerzen und Druck- oder Engegefühl in der Brust (Menzel et al., 2025). Zudem zeigte die EDKAR-Studie, dass Personen mit chronisch hohem Energydrink-Konsum an Wochentagen kürzer schliefen (weniger als 6 Stunden: 53,6 %) als Personen in der Kontrollgruppe (12,7 %). Die Kontrollgruppe schlief hauptsächlich 7–8 Stunden (39,2 %). Ein ähnliches Bild zeigt sich bei der Schlafdauer am Wochenende, obwohl in beiden Gruppen etwa 20 % angaben, länger zu schlafen als an Wochentagen (10 Stunden oder mehr) (Menzel et al., 2025).

3.5.2.2 Fallberichte

Das BfR hat eine Vielzahl an publizierten Fallberichten in Zusammenhang mit dem Konsum von Energydrinks in PubMed recherchiert. Die wesentlichen beobachteten Symptome waren meist kardiovaskuläre Beschwerden (Brustschmerzen, Tachykardie, Infarkt, Herzrhythmusstörungen und Herzstillstand usw.) aber auch psychiatrische Störungen (Angstzustände, Psychosen, Halluzinationen), Epilepsie und Nierenschäden (siehe Tabelle 2 im Anhang).

Ebenso erfasste die Food and Drug Administration (FDA) eine Vielzahl freiwilliger Berichte von Ärztinnen und Ärzten, Familienangehörigen sowie Konsumentinnen und Konsumenten zu adversen Wirkungen in Zusammenhang mit dem Energydrink-Konsum in einer Datenbank. Die FDA weist darauf hin, dass diese Ereignisberichte zu bestimmten Produkten keine Schlussfolgerung der FDA über einen kausalen Zusammenhang darstellen (https://www.govinfo.gov/content/pkg/GOVPUB-HE20_4000-PURL-gpo31531/pdf/GOVPUB-HE20_4000-PURL-gpo31531.pdf) (FDA, 2012).

Auch die französische Behörde für Lebensmittel, Umwelt und Arbeitssicherheit (ANSES) hat Meldungen zu nachteiligen Wirkungen nach dem Konsum von Energydrinks im Rahmen ihres Nutrivigilanzsystems erfasst (ANSES, 2013). Die ANSES hat anhand verschiedener Kriterien (z. B. zwei Berichterstatte(r)innen bzw. Berichterstatte(r), zeitlicher Zusammenhang, Rechallange, Ausschluss anderer möglicher Ursachen) Kausalitätszusammenhänge, wie z. B. sehr wahrscheinlich, wahrscheinlich, möglich, unwahrscheinlich oder ausgeschlossen, abgeleitet. In 95 untersuchten Fällen wurde z. B. über kardiovaskuläre Manifestationen berichtet. Gemäß ANSES ergab die Kausalitätsanalyse hierzu folgendes Ergebnis: sehr wahrscheinlich für 5 Fälle; wahrscheinlich für 9 Fälle; möglich für 25 Fälle; unwahrscheinlich für 55 Fälle; ausgeschlossen für einen Fall.

Auch wenn aus Fallberichten keine Kausalitätsbeziehungen abgeleitet werden können, so gibt jedoch die Vielzahl der Fallberichte zu adversen Wirkungen nach dem Verzehr von Energydrinks, insbesondere nach einem exzessiven Konsum, Anlass zur Sorge, dass ein übermäßiger Konsum derartiger Getränke mit gesundheitlich negativen Wirkungen verbunden sein könnte.

3.6 Exposition

Da Kinder und Jugendliche aus Sicht des BfR die Hauptzielgruppe für Energydrinks sind und insbesondere bei diesen Altersgruppen mögliche Risiken durch eine hohe Koffeinaufnahme, beispielsweise durch einen hohen Energydrink-Konsum, in Betracht zu ziehen sind, werden im Folgenden vorrangig aktuelle Daten zu Kindern und Jugendlichen dargestellt.

3.6.1 Daten aus nationalen Verzehrstudien

Die EFSA hat in ihrer Stellungnahme zur Sicherheit von Koffein (2015) basierend auf Verzehrrdaten aus den Mitgliedsstaaten u. a. den Beitrag von Energydrinks zur Koffeinzufuhr ermittelt. Für Deutschland wurden dafür Daten aus der NVS-II- und EsKiMo-I-Studie verwendet, die in der Comprehensive European Food Consumption Database vorlagen (EFSA, 2015).

Aus Sicht des BfR wurden die Koffeinaufnahmemengen aus Energydrinks unterschätzt, u. a. weil es bei der Implementierung der NVS II in diese Datenbank noch keinen Code für Energydrinks gab, bei EsKiMo I nur die 11-jährigen Kinder berücksichtigt wurden und weil mit den in NVS II und EsKiMo I verwendeten Erhebungsmethoden unregelmäßig verzehrte Lebensmittel nur unzureichend erfasst wurden.

EsKiMo-II-Studie

EsKiMo II stellt eine repräsentative Studie zur Ernährungssituation von 6- bis 17-Jährigen in Deutschland dar (Erhebungszeitraum 2015–2017). Der Verzehr der jüngeren Kinder (6–11 Jahre, n = 1.188) wurde von den Eltern bzw. Betreuungspersonen prospektiv über Wiegeprotokolle an drei aufeinanderfolgenden sowie einem unabhängigen Tag dokumentiert. Von den Jugendlichen (12–17 Jahre, n = 1.353) wurde in einem persönlichen Interview retrospektiv der übliche Verzehr der letzten vier Wochen über modifizierte Dietary-History-Interviews mit Hilfe der Software DISHES (Dietary Interview Software for Health Examination Studies) erhoben. Dabei wurden mahlzeitenbezogen die Verzehrhäufigkeit und -menge einzelner Lebensmittel abgefragt. In einer Sonderauswertung wurde auf Basis der so erhobenen Verzehrrdaten die Koffeinzufuhr ermittelt (RKI, 2019). Diese Sonderauswertung ergab, dass die mittlere Koffeinzufuhr über alle in EsKiMo II identifizierten koffeinhaltigen Lebensmittel für Kinder (6 bis 11 Jahre) 8,8 mg und für Jugendliche (12 bis 17 Jahre) 40,9 mg pro Tag beträgt. Analog dazu liegt die mittlere Koffeinzufuhr für alle koffeinhaltigen Getränke bei 4,8 mg und 36,5 mg pro Tag.

Energydrinks trugen bei Kindern im Alter von 6 bis 11 Jahren zu etwa 1 % und bei Kindern und Jugendlichen im Alter von 12 bis 17 Jahren zu etwa 4 % zur täglichen Gesamt-Koffeinaufnahme bei. Die Hauptzufuhrquellen für die Koffeinaufnahme bei Jugendlichen stellten Kaffee- und Teegetränke dar (RKI, 2019).

Bei dieser Auswertung ist jedoch zu erwähnen, dass mittels der DISHES-Befragung, die bei den Jugendlichen angewendet wurde, eine Quantifizierung des akuten Verzehrs von Energydrinks an einem bestimmten Tag nicht möglich ist. Mittels DISHES wird nur der

übliche Verzehr erhoben, nicht aber der Energydrink-Konsum einzelner Tage oder „Gelegenheiten“, z. B. zu speziellen Anlässen. Zudem wurde in den DISHES-Interviews erst nach einer Filterfrage konkret nach Energydrinks gefragt. Insgesamt ist davon auszugehen, dass der Verzehr von Energydrinks, die nicht im Rahmen der üblichen Mahlzeiten konsumiert werden, durch die in der EsKiMo-II-Studie angewendeten DISHES-Interviews stark unterschätzt wird.

3.6.2 Gezielte Befragungen zum Energydrink-Konsum bei Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen in Deutschland

3.6.2.1 Befragungsstudie in 16 EU-Mitgliedsstaaten (Zucconi et al., 2013)

In einer von der EFSA in Auftrag gegebenen Befragungsstudie, die in 16 Mitgliedsländern der Europäischen Union im Jahr 2012 durchgeführt wurde (Zucconi et al., 2013), gaben 60 % von 1.068 befragten Kindern und Jugendlichen (10 bis 18 Jahre; männlich 49,9 %, weiblich 47,5 %) in Deutschland an, im letzten Jahr (zum Zeitpunkt der Befragung) schon einmal Energydrinks getrunken zu haben. Diese wurden als Energydrink-Konsumentinnen und -Konsumenten definiert. Von diesen Energydrink-Konsumentinnen und -Konsumenten gaben 17 % an, zu bestimmten Gelegenheiten (in einer „single session“) Energydrinks in Mengen von einem Liter und mehr zu trinken. Bezogen auf die insgesamt befragten Kinder und Jugendlichen in Deutschland waren es 10 %, die angegeben hatten, derartige Mengen in einer single session zu trinken. Bereits im 75. Perzentil lag die akute Koffeinzufuhr aus Energydrinks während einer single session bei den insgesamt befragten Kindern und Jugendlichen in Deutschland bei 3,05 mg/kg KG; bei den Energydrink-Konsumierenden waren es sogar 4,52 mg pro kg KG (Zucconi et al., 2013).

Des Weiteren gaben 9 % der Energydrink-Konsumentinnen und -Konsumenten der Kinder und Jugendlichen in Deutschland an, an 4 bis 5 Tagen in der Woche oder häufiger Energydrinks zu konsumieren. Bezogen auf die insgesamt befragten Kinder und Jugendlichen in Deutschland waren es damit etwa 5 %, die angegeben hatten, derart regelmäßig Energydrinks zu konsumieren. Jedoch wurde in der Studie bei der Darstellung der Häufigkeit des Energydrinks-Konsums nicht auf die konsumierte Menge eingegangen.

Bei den Erwachsenen gaben 30 % von 1.553 befragten Personen (18 bis 65 Jahre; männlich 49,6 %, weiblich 50,4 %) in Deutschland an, im letzten Jahr (zum Zeitpunkt der Befragung) schon einmal Energydrinks getrunken zu haben. Von den Energydrink-Konsumentinnen und -Konsumenten gaben 19 % an, zu bestimmten Gelegenheiten (in einer single session) Energydrinks in Mengen von einem Liter und mehr zu trinken. Bezogen auf die insgesamt befragten Erwachsenen in Deutschland waren es damit etwa 5 %, die angegeben hatten derartige Mengen in einer single session zu trinken.

Des Weiteren gab ein Anteil von 11 % der Energydrink-Konsumentinnen und -Konsumenten der befragten deutschen Erwachsenen an, an 4 bis 5 Tagen in der Woche oder häufiger Energydrinks zu konsumieren. Bezogen auf die insgesamt befragten Erwachsenen in Deutschland waren es damit etwa 3 %, die angegeben hatten, derartig regelmäßig Energydrinks zu konsumieren. Wie auch bei den Kindern wurde aber bei der Darstellung der Verzehrshäufigkeiten nicht auf die konsumierten Mengen eingegangen, so dass die chronischen Koffeinaufnahmemengen aus Energydrinks nicht quantifiziert werden können.

Die Zucconi-Studie ist damit insgesamt gut geeignet, um den akuten Energydrink-Verzehr zu einer bestimmten Gelegenheit darzustellen. Sie ist nicht geeignet, die chronische

Koffeinaufnahme aus Energydrinks zu quantifizieren, da in Bezug auf den regelmäßigen Konsum keine konsumierten Energydrink-Mengen erfasst wurden.

Zu berücksichtigen ist ferner, dass der Erhebungszeitraum (Februar bis November 2012) mehr als zehn Jahre zurückliegt und sich Verzehrverhalten und -mengen seither verändert haben könnten.

3.6.2.2 BfR-Studie zum anlassbezogenen Konsum von Energydrinks

Eine vom BfR im Jahr 2013 initiierte Studie zum anlassbezogenen Konsum von Energydrinks liefert ebenfalls Hinweise darauf, dass Energydrinks bei bestimmten Anlässen von einigen Personen in hohen Mengen getrunken werden (BfR, 2013). In dieser Studie wurden Besucherinnen und Besucher von LAN-Partys, Sportevents, Musikfestivals und Clubs interviewt, die zum Befragungszeitpunkt – bezogen auf die letzten 24 Stunden – mehr als 500 ml Energydrinks oder mehr als 60 ml Energy Shots getrunken hatten. Insgesamt wurden 508 Interviews durchgeführt (nach Datenbereinigung 489 Interviews zur Auswertung). Die Mehrzahl der befragten Teilnehmenden war aufgrund der ausgewählten Anlässe zwischen 15 bis 30 Jahren alt. Nur wenige der Befragten waren älter als 30 Jahre, mit Ausnahme von Sportevents, bei denen das Durchschnittsalter der Befragten bei 33 Jahren lag. Damit beziehen sich die Ergebnisse vorrangig auf junge Erwachsene und nur teilweise auf Jugendliche.

Die in das Interview einbezogenen Personen gaben an, im Durchschnitt etwa ein Liter Energydrink pur oder 1,5 Liter gemischt mit alkoholischen Getränken zu konsumieren. Vor allem auf LAN-Partys mit langen Wachzeiten gaben die Teilnehmenden an, erhebliche Mengen an Energydrinks getrunken zu haben: im Mittel etwa 1,5 Liter Energydrinks pur oder etwa 2,5 Liter gemischt mit Alkohol.

Die Befragung zeigte außerdem, dass das Problembewusstsein gegenüber den möglichen Gesundheitsrisiken durch den exzessiven Verzehr von Energydrinks, insbesondere im Zusammenhang mit intensivem Sport oder dem Konsum von Alkohol, bei den Hochverzehrenden nur gering ausgeprägt war (BfR, 2013).

3.6.2.3 DAK-Report: Präventionsradar Erhebung Schuljahr 2016/17 (DAK, 2017)

Bei einer von der Krankenkasse DAK initiierten Befragung an Schulen in sechs deutschen Bundesländern im Schuljahr 2016/17 in den Klassenstufen 5 bis 10 (Alter 10 bis 18) (N = 6.902) wurde auch der Konsum von Energydrinks abgefragt (DAK, 2017). Allerdings war die Befragung zu Energydrinks nicht sehr detailliert, da dies nicht das primäre Ziel der Studie war. Von den Schülerinnen und Schülern, die schon einmal Energydrinks getrunken hatten, gaben 74 % aktuellen Konsum an, davon 60 % gelegentlich (seltener als wöchentlich) und 14 % häufig (mindestens wöchentlich). Der häufigste Konsum wurde von männlichen Befragten der 9. und 10. Jahrgangsstufe (13 bis 18 Jahre) berichtet, hier lag die Rate für mindestens wöchentlichen Konsum bei 20 %. Hinsichtlich der konsumierten Mengen gaben 21 % der konsumierenden Schüler und Schülerinnen der 9. und 10. Klasse (13 bis 18 Jahre) und 11 % der 7. und 8. Klasse (11 bis 16 Jahre) an, mehr als eine Dose pro Gelegenheit zu trinken. Es wurden keine Angaben dazu gemacht, wie viele Dosen getrunken wurden, wenn mehr als eine Dose verzehrt wurde. Auf die Frage, zu welchen Gelegenheiten sie in den letzten 30 Tagen Energydrinks getrunken haben, gaben 20 % der Schülerinnen und Schüler „vor“ oder „während der Schulzeit“ und 28 % „beim Gaming“ an (DAK, 2017).

3.6.2.4 DAK-Report: Präventionsradar Erhebung Schuljahr 2021/22 (DAK, 2022)

Bei einer erneut im Schuljahr 2021/22 von der Krankenkasse DAK initiierten Befragung an Schulen in dreizehn deutschen Bundesländern in den Klassenstufen 5 bis 10 (Alter 11,1 bis 14,9 Jahre) (N = 17.877) wurde ebenfalls der Konsum von Energydrinks abgefragt. Insgesamt gaben 9 % der Schülerinnen und Schüler an, die Getränke mindestens einmal pro Woche zu trinken, etwa 4 % tranken sie täglich. Aufgeschlüsselt nach Klassenstufen gaben in den Klassenstufen 5/6 (ca. 11 Jahre) 4 % der Schülerinnen und Schüler an, Energydrinks mindestens einmal pro Woche zu trinken, etwa 2 % tranken sie täglich. In den Klassenstufen 7/8 (ca. 13 Jahre) gaben 9 % der Kinder an, Energydrinks mindestens einmal pro Woche zu trinken, etwa 4 % tranken sie täglich. In den Klassenstufen 9/10 (ca. 15 Jahre) wurde von 14 % der Kinder angegeben, Energydrinks mindestens einmal pro Woche zu trinken, etwa 6 % tranken sie täglich.

3.6.2.5 Befragung in Schulen in sechs deutschen Bundesländern

An dieser Befragungs-Studie nahmen 6.902 Kinder und Jugendliche aus zufällig ausgewählten Schulen in sechs deutschen Bundesländern teil. Das Alter der Befragten variierte zwischen 9 und 19 Jahren (Mittelwert: 13,1 Jahre), wobei über 80 % der Teilnehmenden ein Alter zwischen 11 und 15 Jahren aufwiesen. Etwa 62 % der Jugendlichen, die innerhalb der letzten 30 Tage Energydrinks konsumiert hatten, gaben an, an einem typischen Verzehrtage eine Dose à 250 ml zu trinken. Bei 23 % waren es zwei bis drei Dosen, und bei etwa 3 % vier oder mehr, also 1 Liter oder mehr. Zur Verzehrhäufigkeit gaben etwa 61 % der Energydrink-Konsumierenden an, etwa an einem Tag pro Monat Energydrinks zu verzehren. Bei 31 % war es einmal pro Woche und bei 8 % täglich (Galimov et al., 2019).

3.6.2.6 Forsa-Umfrage

In einer Forsa-Umfrage wurden im Zeitraum vom 3. Juli bis 20. September 2024 1.000 Jugendliche im Alter von 14 bis 18 Jahren zum Konsum von Energydrinks befragt. Bei den 14-Jährigen gaben 3 % an, täglich Energydrinks zu verzehren und 6 % gaben an, dies mehrmals pro Woche zu tun. Bei den 15-Jährigen gaben 11 % an, mehrmals pro Woche Energydrinks zu konsumieren. Bei den 16-Jährigen gab 1 % an, täglich diese Getränke zu konsumieren und 8 % gaben an, dies mehrmals pro Woche zu tun. Bei den 17-Jährigen gaben 2 % an, täglich Energydrinks zu konsumieren und 4 % mehrmals pro Woche (Foodwatch, 2024). Aus dieser Studie lassen sich keine Aussagen über die verzehrten Mengen treffen.

3.6.2.7 EDKAR-Studie

Die Menge und Häufigkeit eines chronischen Energydrink-Konsums, d. h. der übliche (tägliche) Verzehr sowie der Verzehr an einem bestimmten Verzehrtage wurde mit der EDKAR-Studie erfasst. In dieser vom BfR und der Charité - Universitätsmedizin Berlin durchgeführten Studie zum chronisch hohen Konsum von Energydrinks und zum KARDiovaskulären Risiko (EDKAR) bei Jugendlichen im Alter von 15 bis 18 Jahren wurde untersucht, wie häufig und in welchen Mengen Jugendliche Energydrinks konsumieren und ob sich ein übermäßiger, langanhaltender Konsum von Energydrinks auf das Herz-Kreislauf-System auswirkt.

Die als Querschnittsstudie konzipierte Studie wurde in zwei Phasen von März 2022 bis Mai 2024 durchgeführt. In der ersten Studienphase wurde an 29 Berliner Schulen (Gymnasium, Integrierte Sekundarstufe, Oberstufenzentrum; angefragt wurden 156 Schulen) in 359

Klassen eine Online-Befragung zum Konsum von Energydrinks sowie zum Freizeit- und Gesundheitsverhalten durchgeführt. Anhand der erhobenen Daten, wurden Personen mit chronisch hohem Konsum sowie eine Kontrollgruppe identifiziert, die dann in der zweiten Studienphase an der Charité kardiologisch untersucht wurden.

Von der Online-Befragung in Studienphase 1 konnten insgesamt 4.893 Teilnehmende in die weitere Auswertung eingeschlossen werden. Personen wurden als Energydrink-Konsumenten definiert, wenn sie im letzten Jahr Energydrinks konsumiert hatten. Als Nichtkonsumenten wurden Jugendliche definiert, die entweder noch nie Energydrinks getrunken hatten, nur einmal in ihrem Leben oder in den letzten 12 Monaten keinen Energydrink getrunken hatten. Die befragten Jugendlichen wurden basierend auf dem jeweiligen Energydrink-Konsum in verschiedene Gruppen eingeteilt:

1. kein Energydrink-Konsum (n = 1.685),
2. gelegentlicher Energydrink-Konsum (1- bis 3-mal pro Monat; n = 1.714),
3. moderater Energydrink-Konsum (1- bis 3-mal pro Woche; n = 875),
4. regulärer Energydrink-Konsum (≥ 4 -mal pro Woche unter 1 Jahr; n = 80),
5. chronisch niedriger Energydrink-Konsum (≥ 4 -mal pro Woche über mindestens 1 Jahr, ≤ 3 mg Koffein pro kg KG/Tag; n = 252),
6. chronisch hoher Energydrink-Konsum (≥ 4 -mal pro Woche über mindestens 1 Jahr, > 3 mg Koffein pro kg KG/Tag; n = 287).

Personen mit aus Sicht des BfR implausible Antworten, wie z. B. Energydrink-Konsumentinnen und -Konsumenten, die angegeben hatten, 0 Milliliter oder mehr als 5 Liter zu trinken, wurden von der weiteren Auswertung ausgeschlossen.

Im Ergebnis zeigte sich, dass die übliche tägliche Energydrink-Verzehrmenge über alle Energydrink-Verzehrerrinnen und -Verzehrer hinweg im Median 82,9 ml (20,5–286 ml) pro Tag betrug. Betrachtet man nur die chronisch hohen Verzehrerrinnen und -Verzehrer (n = 287), ergab sich im Median eine übliche tägliche Energydrink-Verzehrmenge von 818 ml (571–1250 ml) pro Tag. Unter der Annahme, dass handelsübliche Energydrinks im Allgemeinen eine Koffeinkonzentration von 320 mg/Liter aufweisen, ergab sich eine übliche tägliche mediane Koffeinzufuhr über alle Energydrink-Verzehrerrinnen und -Verzehrer hinweg von 26,5 mg (6,6–91,4 mg) pro Tag. Betrachtet man nur die chronisch hohen Verzehrerrinnen und -Verzehrer (n = 287), ergab sich im Median eine übliche tägliche Koffeinzufuhr von 262 mg (183–400 mg) pro Tag allein aus Energydrinks.

Betrachtet man den Verzehr an einem konkreten Verzehrtage, gaben 11,6 % (n = 371) der Energydrink-Verzehrerrinnen und -Verzehrer (über alle Gruppen hinweg) an, mehr als einen Liter an einem bestimmten Tag zu trinken. In der Gruppe der chronischen Hochverzehrerrinnen und -Hochverzehrer gaben 44,9 % (n = 129) an, mehr als einen Liter an einem Verzehrtage zu trinken. Von den chronischen Hochverzehrerrinnen und Hochverzehrer gaben außerdem 31 % (n = 89) an, bis zu zwei Liter, 9,1 % (n=26) bis zu drei Liter, 2,4 % (n = 7) bis zu vier Liter und 2,4 % (n = 7) mehr als vier Liter Energydrinks an einem Verzehrtage zu trinken.

Fazit: Hinsichtlich des akuten Energydrink-Konsums stellt aus Sicht des BfR auf Basis der Daten aus der Studie von Zucconi et al. (2013) und der vom BfR (2013) erhobenen Daten insbesondere der hohe Verzehr innerhalb kurzer Zeit, z. B. zu einem bestimmten Anlass, ein Risiko für eine hohe Koffeinzufuhr oberhalb des EFSA-Grenzwerts von 3 mg/kg KG dar. Die in

der EDKAR-Studie von den Teilnehmenden angegebenen Mengen, die an einem bestimmten Verzehrtage getrunken wurden, weisen ebenfalls auf einen teilweise sehr hohen Konsum von Energydrinks mit einer entsprechend hohen Koffeinzufuhr hin. Es lässt sich jedoch nicht differenzieren, ob diese Mengen innerhalb weniger Stunden oder über den Tag verteilt getrunken wurden.

3.7 Risikocharakterisierung

3.7.1 Akut moderater Verzehr von Energydrinks

Erwachsene

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass der akut moderate Verzehr von Energydrinks in Mengen, die die gemäß EFSA sichere Aufnahme von Koffein (200 mg Koffein für gesunde Erwachsene) nicht überschreiten, kein Gesundheitsrisiko in Hinsicht auf das Herz-Kreislauf-System für gesunde Erwachsene darstellt. Dies gilt auch mit Blick auf die anderen Inhaltsstoffe von Energydrinks wie z. B. Taurin, Glucuronolacton und Inosit in den derzeit praktizierten zugegebenen Mengen. Die beobachteten Veränderungen beim Blutdruck, beim QTc-Intervall, bei der Herzfrequenz oder der myokardialen Kontraktilität in Kombination mit moderatem Energydrink-Konsum scheinen gesundheitlich unbedenklich zu sein, sofern sie gelegentlich und unter normalen (Umwelt-)Bedingungen auftreten. Darüber hinaus wurde in Verbindung mit moderatem Energydrink-Konsum bei jungen gesunden Erwachsenen auch nur sehr selten über adverse Wirkungen berichtet.

Somit bestätigt sich auch unter Berücksichtigung neuerer Literatur und angesichts der Wirkmechanismen, die seitens der EFSA bisher nicht bewertet wurden (z. B. die potentiell inotropen Effekte von Energydrinks sowie die Auswirkung von Energydrinks auf das QTc-Intervall), dass die akute Aufnahme von bis zu 200 mg Koffein – auch in Form von Energydrinks mit weiteren Inhaltsstoffen – kein gesundheitliches Risiko für gesunde Erwachsene darstellt.

Kinder und Jugendliche

Es liegen nur sehr wenige Interventionsstudien mit wenigen Teilnehmerinnen und Teilnehmern zu den akuten Effekten von Energydrinks bei Kindern und Jugendlichen vor. Die Ergebnisse dieser Studien zeigen, dass der akut moderate Verzehr von Energydrinks mit einer gemäß EFSA unbedenklichen Koffeinzufuhr zu temporären Veränderungen verschiedener kardiologischer Parameter führt. Insgesamt ist aber die Datenlage zu den akut moderaten Effekten von Energydrinks bei Kindern und Jugendlichen derzeit nicht ausreichend, um daraus eine eindeutige gesundheitliche Bewertung abzuleiten.

Bislang gibt es keine eindeutigen Hinweise darauf, dass die von der EFSA für gesunde Kinder und Jugendliche noch als sicher erachtete Koffeinaufnahmemenge von 3 mg pro kg KG nicht sicher ist.

3.7.2 Akut hoher Verzehr von Energydrinks

Erwachsene

In den identifizierten Interventionsstudien mit kardiovaskulären Endpunkten in Kombination mit einem akut hohen Energydrink-Konsum wurde ein maximaler Verzehr von bis zu einem Liter, was im Allgemeinen einer Koffeinaufnahme von etwa 320 mg entspricht, untersucht. Interventionsstudien mit einem höheren Energydrink-Konsum wurden für Erwachsene nicht

identifiziert. In Studien mit derart exzessiven Mengen zu intervenieren, ist jedoch aus ethischen Gründen auch nicht vertretbar.

Es sind anhand der vorliegenden Studiendaten keine Schlussfolgerungen darüber möglich, inwieweit sich ein akut hoher Energydrink-Konsum auf die Herzfrequenz oder die myokardiale Kontraktilität bei Erwachsenen auswirkt, da die Daten entweder widersprüchlich (Herzfrequenz) waren oder die Studien nicht mit Energydrink-Verzehrmengen durchgeführt wurden, die zu einer Zufuhr von mehr als 200 mg Koffein (myokardiale Kontraktilität) führten. Es sollte jedoch berücksichtigt werden, dass es Hinweise darauf gibt, dass Energydrinks einen größeren Einfluss auf die myokardiale Kontraktilität haben könnten als andere koffeinhaltige Getränke ohne typische Energydrink-Inhaltsstoffe (Baum and Weiss, 2001; Doerner et al., 2015; Miles-Chan et al., 2015)).

Koffein-Dosen von mehr als 200 mg bis zu maximal 320 mg aus Energydrinks erhöhten signifikant den Blutdruck, obwohl die Veränderungen bei jungen gesunden Erwachsenen nur moderat waren. Jedoch könnte eine solche konsumierte Energydrink-Menge (oder mehr) bei sensiblen Personen, insbesondere in Kombination mit intensiver körperlicher Betätigung und/oder sehr hohem Alkoholkonsum, möglicherweise zu einer stärkeren Blutdruckerhöhung führen. Die EFSA nimmt ebenfalls eine additive Wirkung von Koffein und Sport auf den Blutdruck an (EFSA, 2015).

Bezogen auf das QTc-Intervall führte der akut hohe Energydrink-Konsum von einem Liter in drei von vier Studien, die diesen Endpunkt analysierten, zu signifikanten Verlängerungen des QTc-Intervalls bei gesunden jungen Erwachsenen (Basrai et al., 2019; Kozik et al., 2016; Shah et al., 2016c). Dieser Effekt wurde nicht in Kombination mit einem moderaten Energydrink-Konsum beobachtet. In einer dieser Studien, die in den USA durchgeführt worden war, waren die induzierten QTc-Intervall-Steigerungen bei gesunden jungen Erwachsenen so erheblich, dass sie ein Gesundheitsrisiko darstellen könnten (Kozik et al., 2016). In dieser Studie wurde jedoch die aufgenommene Koffeinmenge nicht angegeben.

Darüber hinaus wurde in den identifizierten Studien mit akut verabreichten Koffeinmengen von mehr als 200 mg über Energydrinks über moderate bis schwere unerwünschte Wirkungen wie Palpitationen, Kurzatmigkeit, schwerer Tremor, schwere Übelkeit, Angstzustände und Nervosität bei einigen Teilnehmern berichtet (Basrai et al., 2019; Fletcher et al., 2017; Kurtz et al., 2013; Phan and Shah, 2014). Diese unerwünschten Wirkungen scheinen mit zunehmend hoher konsumierter Energydrink-Menge häufiger und stärker zu werden. Jedoch wurden vergleichbare unerwünschte Effekte auch beim Konsum der Koffeinkontrolle beobachtet (wenn diese denn verwendet wurde), was darauf hindeutet, dass Koffein für die meisten dieser unerwünschten Wirkungen verantwortlich sein könnte. Einige Personen berichteten auch nach dem Verzehr eines Kontrollgetränks ohne Koffein von unerwünschten Effekten. Es ist nicht klar, ob dies auf andere Inhaltsstoffe in dem Getränk oder auf eine mögliche Aufregtheit über die Teilnahme an der Studie zurückzuführen ist.

Kinder und Jugendliche

Für Kinder und Jugendliche liegen keine Interventionsstudien mit höheren Energydrink-Mengen vor, die zu einer Überschreitung der gemäß EFSA noch unbedenklichen Koffeinmenge geführt hätten. Dies wäre aus ethischen Gründen auch nicht zu vertretbar.

Mit Blick auf die identifizierten unerwünschten Wirkungen bei akut hohen Aufnahmemengen von Koffein bzw. hohem akuten Verzehr von Energydrinks bei jungen gesunden Erwachsenen geht das BfR jedoch davon aus, dass Kinder und Jugendliche, die zum Teil noch nicht an Koffein gewöhnt sind, mindestens ebenso empfindlich auf derartig hohe Aufnahmemengen reagieren wie Erwachsene.

Der Energydrink-Konsum in hohen Mengen innerhalb weniger Stunden ist bei einem substantiellen Anteil der Kinder und Jugendlichen sowie jungen Erwachsenen zu bestimmten Gelegenheiten verbreitet (BfR, 2013; Zucconi et al., 2013), insbesondere bei bestimmten Veranstaltungen wie Musikfestivals und in Diskotheken (BfR, 2013). In der Umfrage zum Energydrink-Konsum in 16 Mitgliedsstaaten der EU im Jahr 2012 gaben 17 % der Energydrink-konsumierenden Kinder und Jugendlichen in Deutschland an, während einer single session Energydrinks in Mengen von einem Liter und mehr zu trinken. Bezogen auf die insgesamt befragten Kinder und Jugendlichen waren es etwa 10 %, die angegeben hatten derartige Mengen in einer single session zu trinken und (Zucconi et al., 2013). Bereits im 75. Perzentil lag die akute Koffeinzufuhr aus Energydrinks während einer single session bei den insgesamt befragten Kindern und Jugendlichen in Deutschland bei 3,05 mg/kg KG; bei den Energydrink-Konsumierenden waren es sogar 4,52 mg pro kg KG (Zucconi et al., 2013).

Auch neuere Erhebungen im Rahmen der EDKAR-Studie aus den Jahren 2022 bis 2024, in denen der Energydrink-Konsum bei Kindern und Jugendlichen gezielt abgefragt wurde, zeigen, dass mehr als 10 % der Energydrink-Konsumierenden angaben, an einem bestimmten Verzehrtage mehr als einen Liter (in einigen Fällen bis zu vier Liter) davon zu trinken, wodurch die gemäß EFSA noch unbedenkliche Koffeinaufnahmemenge zum Teil wesentlich überschritten wird. Allerdings kann anhand dieser Befragung nicht differenziert werden, ob die angegebenen Mengen innerhalb kurzer Zeit oder über den Tag verteilt aufgenommen wurden (unveröffentlichte Daten des BfR).

Zu berücksichtigen ist, dass bei Kindern und Jugendlichen in Abhängigkeit vom Körpergewicht bereits bei einem Konsum von weniger als einem Liter Energydrink die noch als unbedenklich erachtete akute Koffeinzufuhr gemäß EFSA überschritten werden kann. Somit könnte der Anteil der Kinder und Jugendlichen, die den EFSA-Grenzwert für Koffein allein über den Verzehr von Energydrinks überschreiten, sogar etwas höher liegen.

Benannte Motive für den Konsum von Energydrinks waren für die Mehrheit der Energydrink-konsumierenden Kinder und Jugendlichen und junge Erwachsenen der Geschmack, die Überzeugung, dass Energydrinks ihnen Energie zuführen, die Überzeugung, dass sie zu einer erhöhten Leistungsfähigkeit, verbesserten Konzentration und Wachheit führen, aber auch das optische Design und der Einfluss von Idolen und Prominenten (BfR, 2013; Maschkowski, 2016; Zucconi et al., 2013).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass für einen erheblichen Anteil der Kinder und Jugendlichen ein potenzielles Gesundheitsrisiko durch einen übermäßigen akuten Verzehr von Energydrinks identifiziert wurde. Dasselbe gilt für Erwachsene mit einem derartigen Konsumverhalten; jedoch ist der Anteil der Erwachsenen, die übermäßige Mengen an Energydrinks trinken, vermutlich geringer als bei Kindern und Jugendlichen.

Die möglichen gesundheitlichen Risiken können dabei von der persönlichen Empfindlichkeit gegenüber Koffeinwirkungen abhängig sein. So ist davon auszugehen, dass insbesondere ein Teil der Kinder noch wenig an Koffein gewöhnt sein könnte und damit besonders sensibel

auf Koffeinzufuhren reagieren könnte. Auch kann die individuelle Empfindlichkeit von der Koffeinzufuhr aus anderen Quellen und möglicherweise von begleitenden Faktoren, wie Alkoholkonsum oder anstrengender körperlicher bzw. sportlicher Tätigkeit, beeinflusst werden.

Darüber hinaus wurde bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen gezeigt, dass das Problembewusstsein gegenüber den möglichen Gesundheitsrisiken durch exzessiven Verzehr von Energydrinks, insbesondere im Zusammenhang mit intensivem Sport oder dem Genuss von Alkohol, gering bzw. unzureichend ausgeprägt war (BfR, 2013). Das BfR geht daher davon aus, dass auch bei Kindern und Jugendlichen allgemein das Risikobewusstsein gegenüber einem übermäßigen Verzehr dieser Getränke nicht immer ausreichend vorhanden ist.

3.7.3 Chronisch moderater Verzehr von Energydrinks

Bislang gibt es keine Studien, die die langfristigen gesundheitlichen Effekte eines chronisch moderaten Energydrink-Konsums bzw. von nicht mehr als täglich 3 mg Koffein pro kg KG bei Kindern und Jugendlichen untersucht haben.

3.7.4 Chronisch hoher Verzehr von Energydrinks

Im Ergebnis der EDKAR-Studie zeigten sich bei den untersuchten Jugendlichen im adjustierten Modell keine signifikanten und/oder klinisch relevanten Unterschiede bei allen gemessenen kardiologischen Parametern zwischen chronischer Hochverzehr- und Kontrollgruppe (Menzel et al., 2025).

Die Studie erlaubt allerdings keine Rückschlüsse darauf, ob Unterschiede resultieren würden, wenn die Gruppe der chronisch hohen Verzehrerinnen und Verzehrer weiterhin hohe Mengen an Energydrinks konsumieren würde, denn die EDKAR-Studie definierte einen chronischen Konsum als mindestens 1 Jahr. Darüber hinaus gaben Jugendliche mit einem chronisch hohen Energydrink-Konsum im Vergleich zur Kontrollgruppe einen deutlich höheren Alkoholkonsum, höhere Raucherquoten und eine kürzere Schlafdauer an (Menzel et al., 2025).

Außerdem berichteten in der EDKAR-Studie fast die Hälfte der chronischen Hochkonsumentinnen und Hockkonsumenten, schon einmal unangenehme körperliche Empfindungen nach dem Trinken von Energydrinks gehabt zu haben. Die am häufigsten genannten waren Herzklopfen/Herzrasen, schlechter Schlaf, Kopfschmerzen und Druck- oder Engegefühl in der Brust (Menzel et al., 2025).

3.8 Weitere Aspekte

Die BfR-Studie zum anlassbezogenen Konsum von Energydrinks hat gezeigt, dass das Problembewusstsein gegenüber den möglichen Gesundheitsrisiken durch einen akuten übermäßigen Verzehr von Energydrinks, insbesondere im Zusammenhang mit intensivem Sport oder dem Genuss von Alkohol, bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen gering bzw. unzureichend ausgeprägt war. Das BfR geht daher davon aus, dass auch bei Kindern allgemein das Risikobewusstsein gegenüber einem übermäßigen Verzehr dieser Getränke insbesondere in Verbindung mit intensiver körperlicher Betätigung und/oder hohem Alkoholkonsum in zu geringem Maße vorhanden ist bzw. dass diese Bevölkerungsgruppen nicht ausreichend über die potenziellen Risiken eines übermäßigen Konsums von Energydrinks informiert sind.

4 Handlungsrahmen und Empfehlung von Maßnahmen

Das BfR empfiehlt, das mögliche gesundheitliche Risiko durch einen übermäßigen Energydrink-Verzehr bei Kindern und Jugendlichen zu minimieren, insbesondere auch mit Blick auf die identifizierten Risiken bei einem akut hohen Verzehr.

Angesichts des unzureichend vorhandenen Risikobewusstseins gegenüber dem übermäßigen Verzehr von Energydrinks könnten zielgruppenspezifische Maßnahmen im Bereich Gesundheitserziehung und Gesundheitsförderung durchgeführt werden, um das Bewusstsein bei Kindern und Jugendlichen zu stärken und Gesundheitsrisiken vorzubeugen und eigenverantwortliches Handeln hinsichtlich einer gesundheitsfördernden Lebensweise zu unterstützen.

Es könnten Bildungsprogramme entwickelt werden, um Kinder, Jugendliche sowie Eltern und pädagogische Fachkräfte hinsichtlich der potenziellen Risiken, die mit einem solchen Verzehrverhalten verbunden sind, zu sensibilisieren. Dabei könnten insbesondere soziale Medien eingesetzt werden, da diese von Kindern und Jugendlichen intensiver genutzt werden als traditionelle Medien. Es wird empfohlen, die vorhandenen Aufklärungs- und Informationsmaterialien (Flyer, Videos etc.), die u. a. auf der Website des Bundeszentrums für Ernährung (BZfE) zur Verfügung gestellt werden, verstärkt in Informationskampagnen an Schulen zu nutzen und somit die eigentliche Risikogruppe besser zu erreichen.

Insbesondere mit Blick auf die identifizierten unerwünschten Wirkungen bei akut hohen Aufnahmemengen von Koffein bzw. Energydrinks (Abschnitte 3.1.3 sowie 3.5.1.3 und 3.5.2), die bei jungen gesunden Erwachsenen auftreten können, wären gegebenenfalls weitergehende Maßnahmen zu prüfen, die das Ziel haben, einem möglichen übermäßigen Verzehr von Energydrinks insbesondere bei Kindern und Jugendlichen entgegenzuwirken.

5 Anhang

Tabelle 1: Studien mit Energydrinks mit Fokus auf Herz-Kreislauf-Parameter

(Erwachsene: Stand Januar 2018, vereinzelte Studien später zugefügt; Kinder und Jugendliche: Stand März 2026)

Referenz	Studiendesig n	Teilnehmer zahl (n) weiblich (w) männlich (m)	Kontrolle (n) Koffein = K Placebo = P	Alter (Jahre)	ED-Menge, Dosis von: Koffein, Taurin, Glucuronlacton (GL), Inosit	Haupt- Endpunkt	Zeit- Intervall zwischen ED- Konsum und Messung	Effekt
(Al-Fares et al., 2015) Saudi-Arabien	kontrolliert, einzelblind, <i>cross-over</i>	32 w	P (32) Soft	19,93 ± 0,8	ED: 4 ml/kg KG Koffein: 160 mg Taurin: 2 g GL: 1,2 g	BD, HF	45 Minuten	Es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen ED- und Placebo- Gruppe hinsichtlich des BD oder der HF vor oder nach der sportlichen Übung beobachtet.
(Alford et al., 2001) Vereinigtes Königreich	randomisiert, kontrolliert, doppelblind, <i>cross-over</i>	10 5 m 5 w	P (10)	18 bis 30	ED (250 ml) Koffein: 80 mg Taurin: 1000 mg GL: 600 mg Inosit: 50 mg	BD, HF	0,5 h	Es wurden keine signifikanten Änderungen des BD gemessen. Die HF war in einer 1. Studie nicht signifikant erhöht, aber in einer 2. Studie von 75,9 bpm vor ED-Konsum auf 83,3 bpm nach Konsum gestiegen.
(Alsunni et al., 2015) Saudi-Arabien	Interventions studie	31 m (18 mit Über- gewicht und		18-22	ED: 5 ml/kg KG ED-Gehalt pro 250 ml Koffein: 80 mg	QTc, HFV	0,5 bis 1 h	Im Vergleich zur Normalgewicht-Gruppe zeigte die Übergewicht-Gruppe eine signifikante Erhöhung des QTc-Intervalls 2 h nach ED-Konsum ($p = 0,006$). QTc aus Grafik: vor Konsum des ED: Übergewicht- Gr. ca. 347 ms und Normalgewicht-Gr. ca. 327 ms; 60 Minuten nach ED-Konsum: Übergewicht-Gr. ca. 367 ms und

		13 mit Normalgewicht						Normalgewicht-Gr. ca. 333 ms), wobei aber die Übergewicht-Gr. bereits höheren QTc-Wert zum Zeitpunkt 0 hatte. HFV in der Übergewicht-Gr. signifikant geringer im Vergleich zu Normalgewicht-Gr.
(Baum and Weiss, 2001) Deutschland	Kontrolliert, doppelblind, <i>cross-over</i>	13 Ausdauer-sportler keine Angabe zu Geschlecht	K (13), P (13) Saft	26 ± 4	500 ml ED: Koffein: 160 mg Taurin: 2000 mg GL: 1200 mg	Kontraktilität des Herzens: HF, FS, LVESD	40 Min nach Getränk vor <i>Cycling</i> und nach <i>Cycling</i> in der Regenerationsphase	Nur in Original-Energydrink-Gruppe wurde nach „Getränk und Training“ eine signifikante Verringerung des LVESD beobachtet (von 33,3 ± 4,2 auf 31,6 ± 4,9 mm) und ein erhöhtes Schlagvolumen (von 80,4 ± 21,4 ml auf 97,5 ± 26,2 ml). Dieser Effekt wurde nicht in der Placebo- und nicht in der Koffeingruppe beobachtet. Kombination aus Taurin und Koffein evtl. verantwortlich für Steigerung der linksventrikulären Kontraktilität des Herzens.
(Basrai, 2019) Deutschland	kontrolliert, randomisiert, doppelblind, <i>cross-over</i>	38 m + w	K (19) Kontroll-Getränk + Koffein P (19) Kontroll-Getränk	18 bis 25 (22,3 ± 1,8)	innerhalb von einer Stunde: ED bis 1000 ml: Koffein: 320 mg Taurin: 4000 mg GL: 308 mg Inositol: 92 mg	BD, HF, QTc und weitere	bis zu 11 h	Auch Einzelsubstanzen (Kontrollgetränk (KG), KG + Koffein, KG + Taurin, KG + Koffein + Taurin, KG + GL und ED) wurden getestet. Nur der Konsum von ED nach 1 h zeigte signifikante Verlängerung des QTc-Intervalls im Vergleich zum Ausgangswert (von 393,3 ± 20,6 ms auf 400,8 ± 24,1 ms). KG + Koffein + Taurin und KG + GL zeigten signifikante Abnahme des QTc-Intervalls. HF und der SBP nach Konsum von ED signifikant erhöht (von 61,5 (56,0 – 67,8) bpm auf 64,5 (58,3 – 68,8) bpm und von 116,9 ± 10,4 mmHg auf 120,7 ± 10,7 mmHg). SDB stieg signifikant bei KG + Koffein (von 115,8 ± 11,8 mmHg auf 123,3 ± 8,7 mmHg). DBP stieg signifikant nach KG + Koffein und KG + Koffein + Taurin. Schwerwiegende unerwünschte

								Symptome, bei 5 von 38 Teilnehmenden, wurden nur nach der Verabreichung der EDs (schwerer Tremor, schwere Übelkeit) oder des KG plus Koffein (schwerer Tremor, schwere Unruhe) hervorgerufen. Adverse Symptome traten aber auch bei anderen Interventionen auf.
(Brothers et al., 2016) USA	randomisiert, doppelblind, kontrolliert, <i>cross-over</i>	15 m	K (15) Coffee: 2 mg Koffein/kg KG P (15) Wasser	27 ± 4	innerhalb von 20 Minuten ED: 3 mg Koffein/kg KG 2 mg Koffein/kg KG max: bis zu 720 ml ED Taurin, GL, Inosit	QTc, BD, HF	bis 6,5 h	Keine Veränderung des QTc-Intervalls, der HF und des SBP. Nur geringfügige Veränderungen des DBP.
(Doerner et al., 2015) Deutschland	kontrolliert, Open-Label, <i>cross-over</i>	32 20 m 12 w	K (10) Kaffee-Getränk 340 mg Koffein/L	28 (MW)	innerhalb von 5 Minuten: 168 mL ED/m ² Körperoberfläche ED-Gehalte pro L Koffein 320 mg Taurin: 4000 mg im Mittel verabreicht: Koffein: 105 mg Taurin: 1304 mg GL: etwa 800 mg?	Kontraktilität des Herzens: HF; PSS; PSSR; LVEDV, LVSV, LVEF, Blutdruck: SBP und DBP	1 h	ED-Konsum führte zu signifikantem Anstieg der PSS und PSSR (Parameter für Herzkontraktilität) 1 h nach ED-Konsum. Dieser Effekt wurde nicht in der Koffeingruppe beobachtet. Das LVSV (ml) stieg leicht in der ED- und sank leicht in der Koffein-Gruppe, wobei die Effekte nicht signifikant waren. Vor und nach ED-Konsum zeigten sich keine signifikanten Veränderungen des SBP, DBP und HF. Auch das Koffeingetränk zeigt keine signifikanten Veränderungen des SBP, DBP und HF.
(Elitok et al., 2015)	Open-Label	52 30 m		25 ± 2,3	355 ml ED Koffein: 114 mg	QTc; Tp-e-Intervall;	bis 2 h	Im Vergleich zum Ausgangswert 2 h nach Konsum des ED signifikanter Anstieg der HF (77.96 ± 14.94 bpm versus 84.8 ± 10.7

Türkei		22 w			Taurin: 1420 mg, GL: 84,2 mg	Tp-e/QTc, HF, SBP, DBP		bpm) sowie des SBP (112 ± 6.1 versus 121 ± 7.4 mmHg) und DBP (73 ± 5.3 versus 76.3 ± 6.2 mmHg) gemessen. Die anderen Parameter wie z. B. QTc-Intervall waren nicht signifikant verändert.
(Fletcher et al., 2017) USA	randomisiert, kontrolliert, doppelblind, <i>cross-over</i>	18 12 m 6 w	K (18) Saft + 320 mg Koffein	26,7 ± 4	innerhalb von 45 Minuten: 946 ml ED Koffein: 320 mg Taurin: Menge? GL: Menge? Inosit: Menge?	QTc, BD	1 bis 24 h	Innerhalb des ED-Arms war das QTc-Intervall im Vergleich zum Ausgangswert kaum verändert. Im Vergleich zur Koffein-Gruppe bestand ein signifikanter Unterschied im QTc-Intervall nach 2 h, der jedoch auf der Reduktion des QTc-Intervalls im Koffein-Arm beruhte. Höherer Anstieg des SBP im ED-Arm als im Vergleich zum Koffein-Arm ($4,72 \pm 4,67$ versus $0,83 \pm 6,09$ mmHg, $p = 0,01$). Keine Veränderungen bei DBP. Nur auf den ED-Konsum bezogen waren die größten BD-Veränderungen im Vergleich zum Ausgangswert nach 1 h zu beobachten (SBP: $6 \pm 6,64$ und DBP: $4,25 \pm 4,01$ mmHg). Die HF erhöhte sich bezogen auf den Ausgangswert nach 2 h um 3.39 ± 11.04 bpm, allerdings nicht signifikant. Sowohl TN der ED-Gruppe (83 %) als auch TN der Koffeingruppe (72 %) klagten über unerwünschte Wirkungen (Schwindel, Übelkeit, Nervosität usw.)
(Franks et al., 2012) USA	kontrolliert, randomisiert, Open-Label, <i>cross-over</i>	9 4 m 5 w	K (9) Wasser + 80 mg Koffein	18 bis 45 ($27,7 \pm 5$)	alle 3 bis 4 Stunden über 24 Stunden: jeweils 8,3 oz ED (ca. 250 ml) mit Koffein: 80 mg Taurin: 1000 mg	24-Stunden-Blutdruck	bis 24 h	Während der ED-Supplementation im Vergleich zur Koffein-Supplementation war der mittlere 24-Stunden SBP ($123,2$ versus $117,4$ mmHg, $p = 0,04$), DBP ($73,6$ versus $68,2$ mmHg, $p = 0,02$) sowie der 24-Stunden mittlere arterielle BD ($90,1$ versus $84,8$ mmHg, $p = 0,03$) signifikant höher. Im Vergleich zum Ausgangswert

								erhöhte sich nach ED-Konsum der SBP von 120,9 auf 127,0 mmHg tagsüber, der DBP verringerte sich von 78,3 auf 77,0 mmHg tagsüber und die HF erhöhte sich von 73,1 bpm auf 75,9 bpm tagsüber. Es wurden keine unerwünschten Wirkungen beobachtet.
(Grasser et al., 2014) Schweiz	kontrolliert, randomisiert, Open-Label, <i>cross-over</i>	25 13 m 12 w	P (25) Wasser	22,5 ± 0,6	innerhalb von 4 Minuten: 355 ml ED Koffein: 114 mg Taurin: 1420 mg GL: 84,2 mg	BD, HF, H MV Atemfrequenz, zerebraler Blutfluss	bis 2 h	Signifikant höherer Anstieg des SBP nach ED Konsum im Vergleich zur Wasserkontrolle (3,3 ± 1,0 mmHg versus 0,3 ± 0,7 mmHg, p = 0,005) und des DBP im Vergleich zur Wasserkontrolle (4,1 ± 0,7 mmHg versus 1,3 ± 0,4 mmHg, p = 0,005). Ebenso waren die HF (aus Grafik: ca. + 3 bpm nach ca. 1,5 h) und das Herzminutenvolumen signifikant erhöht (p < 0,05). ED-Verzehr führte zu gesteigerter Atemfrequenz und verringerter zerebraler Blutflussgeschwindigkeit. Der ED erhöhte signifikant H MV.
(Grasser et al., 2015) Schweiz	kontrolliert, randomisiert, Open-Label, <i>cross-over</i>	20 10 m 10 w	P (20) Wasser	22,1 ± 0,5	innerhalb von 4 Minuten: 355 ml ED Koffein: 114 mg Taurin: 1420 mg GL: 84,2 mg	BD, zerebraler Blutfluss, H MV, SV	1,5 h	Konsum des ED führte zu signifikantem Anstieg des SBP (+ 7 mmHg) und DBP (+ 4 mmHg) und der HF (+ 7 bpm). Der zerebrale Blutfluss verringerte sich signifikant stärker nach ED als nach Wasser (- 9 versus - 3 cm/s, p < 0,005). Zusätzlicher mentaler Stress erhöhte SBP und DBP nochmals signifikant um + 3 mmHg und HF um + 13 bpm. Energydrink-Konsum führte zu signifikantem Anstieg des H MV.
(Gray et al., 2017) Australien	randomisiert, doppel-blind, <i>cross-over</i>	24 Patienten/innen mit	P (24)	16 bis 50 (29 ± 9)	innerhalb von 30 Minuten:	QTc, BP	1.5 h	QTc: Drei Patienten zeigten eine QTc-Verlängerung von ≥ 50 ms auf 480 bis 550 ms nach ED Konsum. Aber es wurden kein

		QT-syndrom			2 x ED zuckerfrei mit insgesamt:			signifikanter Unterschied zwischen der ED- und Kontrollgruppe gefunden. Signifikante Unterschiede im BD zwischen den Gruppen (SBP: + 7 ± 16 mmHg vs + 1 ± 16 mmHg, p = 0.046); DBP: + 8 ± 10 mmHg vs + 2 ± 9 mmHg; p = 0.01).
		11 m			Koffein: 160 mg			
		13 w			Taurin: 2000 mg			
(Hajsadeghi et al., 2016) Iran	Open-Label	44 20 m 24 w		15 bis 30 (22,5 ± 3,76)	250 ml ED Koffein: 80 mg Taurin: Menge? GL: Menge?	HF, QTc, ST-T, SBP, DBP	bis 4 h	Im Vergleich zum Ausgangswert signifikanter Abfall der HF von 79,9 bpm auf 74,8 bpm 2 h nach ED-Konsum. Keine signifikanten Änderungen des QTc-Intervalls. Kaum Veränderungen des SBP (von 113,4 mmHg vor Konsum auf 113,9 mmHg 30 min nach ED-Konsum) und DBP (von 76,3 mmHg vor Konsum auf 78,6 mmHg 4 h nach ED-Konsum). Signifikante ST-T-Veränderungen nach Konsum des ED (p=0,004). Es wurden keine unerwünschten Wirkungen beobachtet.
(Higgins et al., 2017) USA	Open-Label	11 9 m 2 w		24,5 ± 1,5	innerhalb etwa 1 Minute: 24 oz (ca. 720 ml) ED: Koffein: 240 mg Taurin: 2000 mg GL: Menge? Ginseng Extrakt: 400 mg	HF, SBP, DBP, Endothelfunktion	1,5 h	Im Vergleich zum Ausgangswert waren HF, SBP und DBP nicht signifikant unterschiedlich. Aber signifikanter Unterschied in der Endothelfunktion.
(Li et al., 2022) Deutschland	kontrolliert, randomisiert, einfachverbblindet, <i>cross-over</i>	27 14 m 13 w	Kontrolle: Placebo-Getränk (kohlen-säurehaltiges Wasser,	10–18 Jahre; mittleres Alter (± SD): 14,53 ± 2,40 Jahre	Intervention: Aufnahme von 3 mg Koffein pro kg Körpergewicht (KG) in Form eines	Gefäß-Steifigkeit der gemeinsamen Halsschlagadern (<i>Arteriae carotides</i>)	gemessen an Tag 1 und 2 für Zeitpunkt 0 und folgende	ED-Gruppe vs. Placebo-Gruppe: signifikant geringere maximale Umfangsdehnung der CCA (11,78 ± 2,70 % gegenüber 12,29 ± 2,68 %, p = 0,043)

	(EDUCATE-Studie)		Multifruchtsaft, Obst- und Gemüseextrakte) Crossover-Design: Gruppe I: Tag 1: ED, Tag 2: Placebo; Gruppe II: Tag 1: Placebo, Tag 2: ED		Energydrinks (ED): Koffein (32 mg/100 ml), Taurin (200 mg/100 ml), Glucuronolacton (24 mg/10 ml), Ginseng-Aromaextrakt (10 mg/100 ml), Guarana-Extrakt (10 mg/100 ml) und Vitamine	<i>communes</i>) (engl.: <i>common carotid artery</i> , CCA), Parameter CS (circumferential strain), SR (strain rate) und arterielle Dehnbarkeit (Werte für CS, SR und die arterielle Dehnbarkeit der rechten und linken Halsschlagader wurden gemittelt)	Zeitpunkte nach Getränkekonsum: 30, 60, 120 und 240 min	
(Kozik et al., 2016) USA	Open-Label	14 12 m 2 w		18 bis 40 (28,6 MW)	innerhalb einer Stunde: 32 oz (960 ml) ED: Koffein: Menge? Taurin: Menge? GL: Menge?	SBP, QTc	bis 4 h	SBP im Vergleich zum Ausgangswert signifikant erhöht (132 ± 7,83 versus 151 ± 11,21 mmHg; p = 0,001), QTc-Intervall im Vergleich zum Ausgangswert signifikant erhöht (423 ± 22,74 versus 503 ± 24,56 ms; p < 0,001)
(Kurtz et al., 2013) USA	kontrolliert, randomisiert, doppelblind, <i>cross-over</i>	20 10 m 10 w	P (20) entkoffeinierter Energy Shot	18 bis 40 (23,3 ± 2,67)	Energy Shot Koffein: 138 bis 215 mg Taurin: Menge? GL: Menge?	BD, HF	1 bis 5 h	Im Vergleich zwischen koffeinierten Energy Shots und entkoffeinierter Shot stieg der BD nach Verzehr des koffeinierten Energy Shots stärker an. Der Unterschied zwischen den beiden Gruppen betrug beim SDB 6,08 ± 7,71 mmHg nach einer Stunde, p = 0,001. Der Unterschied bei DBP betrug 5,18 ± 8,38

								mmHg nach einer Stunde, $p = 0,007$. Die HF unterschied sich nicht zwischen den beiden Gruppen. Keine Angabe inwieweit der Konsum von ED den BD nur in Bezug zum Ausgangswert erhöht. Sowohl Energy-Shot-Gruppe als auch Kontrollgruppe berichtete über unerwünschte Wirkungen (Unruhe, Bauchschmerzen usw.)
(Majeed et al., 2017) Saudi Arabien	Open-Label	50 27 m 23 w		18 bis 22	5 ml/kg KG ED 1 Dose Energydrink: Koffein: 80 mg Taurin: 100 mg GL: 600 mg	BD, VR	1 h	Im Vergleich zum Ausgangswert stieg der SBP 1 h nach ED-Konsum bei NGW von 122,3 auf 131,9 mmHg und bei ÜGW von 120,3 auf 129,1 mmHg und der DBP bei NGW von 74,9 auf 79,0 mmHg und bei ÜGW von 71,6 auf 77,2 mmHg. Eine Stunde nach dem Verzehr wurde eine signifikante Abnahme der Valsava ratio bei übergewichtigen/adipösen Proband/innen und bei normalgewichtigen und übergewichtigen/adipösen Frauen beobachtet.
(Mandilaras et al., 2022) Deutschland	kontrolliert, randomisiert, zweifachverblindet, <i>cross-over</i> (EDUCATE-Studie)	26 13 m 13 w	Kontrolle: Placebo-Getränk (kohlen-säurehaltiges Wasser, Multifrucht-saft, Obst- und Gemüseextrakte) Crossover-Design: Gruppe I:	10–18 Jahre; mittleres Alter ($\pm$ SD): 14,49 Jahre ($\pm$ 2,44)	Intervention: Aufnahme von 3 mg Koffein pro kg Körpergewicht (KG) in Form eines Energydrinks (ED): Koffein (32 mg/100 ml), Taurin (200 mg/100 ml), Glucuronolacton (24 mg/10 ml), Ginseng-	Herzfrequenz (HF, Schläge pro Minute), QTc-Intervall (QTc, ms), Anzahl supraventrikuläre (SVES) und ventrikuläre Extrasystolen (VES)	gemessen an Tag 1 und 2 für folgende Zeiträume nach Getränkekonsum: 0–60, 60–120, 120–180 und 180–240 min	HF: Zeitraum 60–120min nach Getränke-Konsum: HF in ED-Gruppe vs. Placebo-Gruppe signifikant niedriger ($79,54 \pm 8,85$ zu $82,65 \pm 8,81$ bpm ($p=0,012$)) QTc: kein Effekt SVES in ED-Gruppe vs. Placebo-Gruppe: Zeitraum 0–240min (<i>incidence rate ratio</i>: 1,7 (1,058; 2,732), $p = 0,028$) VES: kein Effekt QT-RR-Verhältnis: Zeitraum 60–120 min nach Getränke-Konsum: ED-Gruppe:

			Tag 1: ED, Tag 2: Placebo; Gruppe II: Tag 1: Placebo, Tag 2: ED		Aromaextrakt (10 mg/100 ml), Guarana-Extrakt (10 mg/100 ml) und Vitamine			medianer Wert 0,655 zu 0,7 (Kontrollgruppe); p = 0,007
(Mandilaras et al., 2026) Deutschland	kontrolliert, randomisiert, einfachverbli ndet, cross- over (EDUCATE- Studie)	26 13 m 13 w	Kontrolle: Placebo- Getränk (kohlenhydrat- haltiges Wasser, Multifrukt saft, Obst- und Gemüseextr akte) Crossover- Design: Gruppe I: Tag 1: ED, Tag 2: Placebo; Gruppe II: Tag 1: Placebo, Tag 2: ED	10–18 Jahre; mittleres Alter (± SD): 14,49 Jahre (± 2,44)	Intervention: Aufnahme von 3 mg Koffein pro kg Körpergewicht (KG) in Form eines Energydrinks (ED): Koffein (32 mg/100 ml), Taurin (200 mg/100 ml), Glucuronolacton (24 mg/10 ml), Ginseng- Aromaextrakt (10 mg/100 ml), Guarana-Extrakt (10 mg/100 ml) und Vitamine	Bestimmung Herzfrequenz variabilität (heart rate variability, HRV) mittels 24-h-EKG, Analyse Standardabw eichung der normalen RR- Intervalle (Standard Deviation of N-to-N intervals, SDNN) und quadratischer Mittelwert der aufeinanderf olgenden Differenzen (Root Mean Square of Successive Differences, RMSSD) sowie Gesamtleistu	Paramete r innerhalb eines Zeitraums von vier Stunden für folgende Zeitinterv alle ausgewer tet: 0–60, 60–120, 120–180 und 180– 240 Minuten	Innerhalb erste Stunde nach ED-Konsum: Anstieg SDNN in ED-Gruppe (mittlere Differenz: 17,692 ms im Vergleich zur Placebo-Gruppe (SDNN: ED = 133,346 ± 50,217 ms vs. Placebo = 115,654 ± 47,583 ms, p = 0,023) Anstieg SDNN → Zunahme Gesamtvariabilität der Herzschläge nachfolgende Zeitintervalle (60–240 min): keine signifikanten Unterschiede im SDNN Gesamtleistung, RMSSD, LF, HF und das LF/HF-Verhältnis über vierstündigen Beobachtungszeitraum keine Veränderungen

						ng, LF, HF und das LF/HF- Verhältnis		
(Mansour et al. 2019) Israel	kontrolliert	81 keine Angabe zum Geschlecht	P (40)	16 bis 18	250 ml ED Koffeingehalt?	SBP, DBP, HF, Atemfrequen z	0,25 bis 2 h	Personen in ED-Interventionsgruppe waren reguläre ED-Verzehrer. SBP war schon vor Intervention in ED-Gruppe signifikant erhöht im Vergleich zur Kontrolle (K: 111,85 vs ED: 119,10 mmHg, p < 0,05). Aber keine Adjustierung auf Störfaktoren. Signifikanter Unterschied blieb nach Verzehr bestehen. Nur geringe Erhöhung des SBP innerhalb ED-Gruppe nach Verzehr. Keine signifikanten Unterschiede in DBP, HF und Atemfrequenz
(Marczinski et al., 2014) USA	kontrolliert, doppelblind, <i>cross-over</i>	14 7 m 7 w	P (14)	18 bis 29	innerhalb einer Minute: Energy-Shot (57 ml) Koffein: 200 mg Taurin: Menge? GL: Menge?	(Gemütszusta nd), BP, Pulsrate	0,5 bis 6 h	Energy-Shot-Konsum steigerte den SBP im Vergleich zum Ausgangswert (aus Grafik: ca. von 115 auf 121 mmHg nach 1 h) und DBP (aus Grafik: ca. von 72 auf 74 mmHg nach 2 h).
(Menci et al., 2013) Italien	kontrolliert, einzelblind, <i>cross-over</i>	35 18 m 17 w	P (35)	25 ± 2	innerhalb von 5 Minuten: 168 ml ED/m ² Körperoberfläche ED-Gehalte pro L Koffein: 320 mg Taurin: 4000 mg GL: 2400 mg	Kontraktilität des Herzens: MAPSE, GLS, LV-twisting, TAPSE, Global RVLS Free wall RVLS Blutdruck: SBP und DBP	1 h	Parameter, die die linksventrikuläre Funktion betreffen, waren im Vergleich zum Ausgangswert signifikant erhöht und deuten auf eine gesteigerte Kontraktilität nach ED-Konsum: MAPSE (von 15.6 ± 1.6 mm auf 17.2 ± 1.8 mm; p < 0,001), GLS (von -20.5 ± 2.2 % auf -22.5 ± 3.2 %, p = 0,004), LV <i>twisting</i> (von 10.9 ± 4.1 auf 13.5 ± 6.3 <i>degree</i> , p < 0,0001). Auch die rechtsventrikuläre Funktion war gesteigert: TAPSE (von 21.7 ± 2.9 mm auf

								25 ± 3.5 mm, p < 0,0001), global RVLS (von -23.2 ± 3.8 % auf -24.9 ± 3.9 %, p = 0,001) und <i>free wall</i> RVLS (von -28.7 ± 5.9 % auf -30.3 ± 6.1 %, p = 0,1). SBP, DBP und HF waren nach ED-Konsum nicht signifikant unterschiedlich im Vergleich zum Ausgangswert.
(Menzel et al. 2025) Deutschland	Querschnittsstudie	257 128 w 129 m	160	15 bis 18		SBP, DBP, HF Echokardiographische Parameter: LVEF, LVEDd, IVSd, PWED, LVMI, LAVES, LAVI, TAPSE, MAPSE, E-Welle, A-Welle, E/A, e' lateral, e' septal, e' Mittelwert, E/e' lateral, E/e' septal, E/e' Mittelwert, Global longitudinal strain Elektrokardiogramm: PQ Intervall, QTc, QRS Dauer		Nach Adjustierung konnten für keine der untersuchten Parameter signifikante Unterschiede zwischen chronischen Hochkonsumenten und -konsumentinnen und der Kontrollgruppe festgestellt werden Im unadjustierten Modell wiesen chronische Hochkonsumentinnen und Hochkonsumenten statistisch signifikante höhere IVSd Werte und niedrigere im Parameter e' septal im Vergleich zur Kontrollgruppe auf. Nach Anwendung der Bonferroni-Korrektur wurde die statistische Signifikanz aufgehoben
(Miles-Chan et al., 2015) Schweiz	kontrolliert, randomisiert, cross-over	8 m	K (18) ED (zuckerfrei) oder	25,4 ± 1,3	innerhalb von 4 Minuten: 355 ml ED: Koffein: 114 mg	Blutdruck: SBP und DBP Herzparameter: SV, HMV	0,5 bis 2 h	Bezogen auf die Herzfunktion (Kontraktilität) zeigte nur das zuckerhaltige Energydrink-Getränk signifikante Effekte auf die HF, das SV,

			Wasser + 120 mg Koffein P (18) Wasser	Taurin: 1420 mg GL: 85 mg Inosit: Menge? 39 g Zucker	Kontraktilität s-Index, <i>Double</i> produkt	das HMV, den Kontraktilitätsindex und das Double Produkt (p < 0,01). Sowohl ED mit Zucker als auch ED ohne Zucker und „Nur-Koffein“-Getränk erhöhen aber BD signifikant im Vergleich zur „Nur-Wasser“-Kontrolle (3–4 mmHg, p < 0,001). Aus Grafik: Im Vergleich zum Ausgangswert erhöht sich 70 Minuten nach „RB + Zucker“-Konsum der SBP um ca. 7 mmHg und der DBP um ca. 4 mmHg.		
(Oberhoffer et al., 2022a) Deutschland	kontrolliert, randomisiert, einfachverbundet, <i>cross-over</i> (EDUCATE-Studie)	24 11 w 13 m	Kontrolle: Placebo-Getränk (kohlen-säurehaltiges Wasser, Multifruchtsaft, Obst- und Gemüseextrakte) Crossover-Design: Gruppe I: Tag 1: ED, Tag 2: Placebo; Gruppe II: Tag 1: Placebo, Tag 2: ED	10–18 Jahre; mittleres Alter (± SD): 14,90 ± 2,27 Jahre	Intervention: Aufnahme von 3 mg Koffein pro kg Körpergewicht (KG) in Form eines Energydrinks (ED): Koffein (32 mg/100 ml), Taurin (200 mg/100 ml), Glucuronolacton (24 mg/10 ml), Ginseng-Aromaextrakt (10 mg/100 ml), Guarana-Extrakt (10 mg/100 ml) und Vitamine	Echokardiographische Untersuchung: Häodynamik und Effizienz des linken Ventrikels (LV) durch Erstellung von LV-Druck-Volumen-Kurven (PVLs) mittels gleichzeitiger Echokardiographie und Blutdruckmessung	gemessen an Tag 1 und 2 für Zeitpunkt 0 und folgende Zeitpunkte nach Getränkekonsum: 30, 60, 120 und 240 min	EKG-Parameter der LV-Funktion: keine signifikanten Unterschiede LV-PVLs: 240 Minuten nach ED-Verzehr signifikant geringere Herzleistung im Vergleich zur Placebo-Aufnahme (140,72 (133,21–149,73) mmHg vs. 135,60 (124,78–140,33) mmHg, p < 0,01)
(Oberhoffer et al., 2022b) Deutschland	kontrolliert, randomisiert, einfachverbundet, <i>cross-over</i>	27 13 w 14 m	Kontrolle: Placebo-Getränk (kohlen-säurehaltiges	10–18 Jahre; mittleres Alter (± SD):	Intervention: Aufnahme von 3 mg Koffein pro kg Körpergewicht (KG) in Form	Systolischer (SBP) und diastolischer Blutdruck (DBP),	gemessen an Tag 1 und 2 für Zeitpunkt 0 und	Zeitpunkte 60, 120 und 240min nach ED-Konsum: SBP: in ED-Gruppe im Vergleich zur Placebo-Gruppe signifikant höher:

	(EDUCATE-Studie)		Wasser, Multifrucht soft, Obst- und Gemüseextrakte) Crossover- Design: Gruppe I: Tag 1: ED, Tag 2: Placebo; Gruppe II: Tag 1: Placebo, Tag 2: ED	14,53 ± 2,40 Jahre	eines Energydrinks (ED): Koffein (32 mg/100 ml), Taurin (200 mg/100 ml), Glucuronolacton (24 mg/10 ml), Ginseng- Aromaextrakt (10 mg/100 ml), Guarana-Extrakt (10 mg/100 ml) und Vitamine	Herzfrequenz (HF)	folgende Zeitpunkt e nach Getränke konsum: 30, 60, 120 und 240 min	mittlere Differenz von 3,44 mmHg, 4,66 mmHg bzw. 5,23 mmHg DBP: höherer diastolischen Blutdruck als Placebo-Gruppe (66,64 ± 8,00 mmHg vs. 63,35 ± 6,33 mmHg, p <0,001), aber keine Wechselwirkung zwischen Getränk und Zeitverlauf HF: kein Effekt
(Oberhoffer et al., 2023b) Deutschland	kontrolliert, randomisiert, einfachverbli ndet, <i>cross- over</i> (EDUCATE- Studie)	17 8 w 9 m	Kontrolle: Placebo- Getränk (kohlenhydrat- haltiges Wasser, Multifrucht soft, Obst- und Gemüseextrakte) Crossover- Design: Gruppe I: Tag 1: ED, Tag 2: Placebo; Gruppe II: Tag 1:	10–18 Jahre; medianes Alter (IQR): 13,90 (12,29– 17,89) Jahre	Intervention: Aufnahme von 3 mg Koffein pro kg Körpergewicht (KG) in Form eines Energydrinks (ED): Koffein (32 mg/100 ml), Taurin (200 mg/100 ml), Glucuronolacton (24 mg/10 ml), Ginseng- Aromaextrakt (10 mg/100 ml), Guarana-Extrakt (10 mg/100 ml) und Vitamine	24-Stunden- Blutdruckmes sung (ABPM)	gemessen an Tag 1 und 2	24h-Blutdruck: signifikant erhöhter medianer 24-Stunden-SBP (+5,26 mmHg) und DBP (+3,45 mmHg) in ED-Gruppe vs. Placebo

			Placebo, Tag 2: ED					
(Phan and Shah, 2014) USA	kontrolliert, randomisiert, doppelblind, <i>cross-over</i>	10 7 w 2 m 1 ?	P (10) entkoffeinierter Energy Shot	18 bis 40 (23 ± 1,83)	Energy Shot Koffein: 215 mg	BD, HF, Ejektionsdauer	1 bis 3 h	Bezogen auf den Ausgangswert stieg der periphere SBP beim koffeinhaltigen Shot im Vergleich zum entkoffeinierten Shot nach 3 h signifikant stärker an (8,30 ± 4,19 mmHg versus -0,20 ± 5,55 mmHg, p = 0,009). Ähnliches wurde beim zentralen SBP (8,00 ± 4,03 mmHg versus 1,50 ± 6,57 mmHg, p = 0,045) sowie beim peripheren Pulsdruck (4,00 ± 4,57 mmHg versus -1.50 ± 3,5 mmHg, p = 0,009) beobachtet. Ein stärkerer Anstieg wurde auch bei DBP beobachtet, der aber nicht signifikant war. Andere Herzparameter wie z. B. HF und Ejektionsdauer waren nicht verschieden zwischen den Gruppen. In der Energy-Shot-Gruppe berichteten 2 TN über Herzrasen und 1 TN über Schwindel. Aber auch 1 TN der Kontrollgruppe berichtete über Kopfschmerzen.
(Ragsdale et al., 2010) USA	doppelblind, kontrolliert	68 48 w 20 m	P (?) Wasser + Dextrose	19,8 ± 1,6	250 ml ED Koffein: Menge?	BD, HF, QTc	1 bis 2 h	1 h nach Konsum von normalkalorischen ED stieg SBP von 117 ± 10,9 mmHg auf 124,5 ± 10,1 mmHg, der DBP von 76,8 ± 8,6 mmHg auf 77,9 ± 9,4 mmHg und die HF sank von 75,1 ± 16,2 auf 72,8 ± 16,0 bpm. QTc unverändert.
(Rashti et al., 2009) USA	kontrolliert, randomisiert, doppelblind <i>cross-over</i>	10 w	P (10) Saft	20,4 ± 0,7	innerhalb von 30 Minuten: 140 ml ED Koffein: 230 mg	BD, HF	1 bis 3 h	Bezogen auf den Ausgangswert erhöhte sich der mittlere SBP nach ED-Konsum von 110,0 ± 3,9 mmHg auf 112,2 ± 4,9 mmHg nach 2 h. Ein signifikanter Unterschied zwischen ED- und Placebo-Gruppe bestand allerdings schon am Ausgangspunkt vor dem Konsum der Getränke. Der DBP sowie die HF

								unterschieden sich nicht zwischen den beiden Gruppen.
(Shah et al., 2016a) USA	Metaanalyse (prospektive klinische Studien)	322-340		18 bis 40 (eine Studie mit 15)	Koffein: 80 bis 240 mg und eventuell mehr (946 ml ED)	SBP, DBP, HF	0,5 bis 6 h	Der SBP und DBP stiegen signifikant um 4,44 mmHg (95 % CI: 2,71 – 6,17) bzw. 2,73 mmHg (95 % CI: 1,52 – 3,95) nach ED Konsum, während sich die HF nicht signifikant veränderte. Bezogen auf den SBP wurden die größten Veränderungen ab einer Aufnahme von ≥ 200 mg Koffein beobachtet (6,44 mmHg (95 % CI: 4,62 – 8,27)).
(Shah et al., 2016b) USA	kontrolliert, randomisiert, doppelblind, <i>cross-over</i>	26 6 w 20 m	P (26) Saft	18 bis 40	2 x täglich über 7 Tage: Energy Shot (2 oz) Koffein: Menge?	BD, QTc	1,3, 5 h am 1. und 7. Tag	Am ersten Tag nach ED-Konsum stieg SBP: von 120 ± 9 mmHg auf 128 ± 10 mmHg; der DBP stieg von 77 ± 6 mmHg auf maximal $83,8 \pm 8$ mmHg; die HF stieg von 65 ± 8 bpm auf 70 ± 10 bpm; QTc verlängert von 414 ± 17 ms auf 422 ± 15 ms, aber alles nicht signifikant. Am 7. Tag: Unterschiede beim BD vor und nach Konsum geringer.
(Shah et al., 2016c) USA	kontrolliert, randomisiert, doppelblind, <i>cross-over</i>	27 7 w 20 m	P (30) Saft + Ginseng oder Saft	18 bis 40 ($21,6 \pm 2,58$)	ED (2 x 16 oz = ca. 480 ml) Koffein: 320 mg Taurin: 4000 mg GL: Menge? Ginseng: 800 mg	BD, QTc, HF	1 bis 5,5 h	Bezogen auf den Ausgangswert stieg der SBP 2 h nach Konsum signifikant stärker bei ED als bei Placebo an ($2,00 \pm 6,37$ mmHg versus $-2,67 \pm 5,83$ mmHg, $p = 0,014$). Die maximale Änderung des SBP bezogen auf den Ausgangswert betrug 6.80 ± 6.9 mmHg. Bezogen auf den Ausgangswert verlängerte sich das QTc-Intervall 2 h nach Konsum signifikant stärker nach ED als nach Placebo ($3,37 \pm 10,7$ ms versus $-3,19 \pm 11,8$ ms, $p = 0,03$) (es werden keine Absolut-Angaben aufgeführt).

								Die HF und der DBP blieben unbeeinflusst. Das Ginseng-Getränk zeigte keine signifikanten Effekte hinsichtlich der gemessenen Parameter.
(Steinke et al., 2009) USA	prospektive Open-Label Studie	15 8 w 7 m		18 bis 40 (25,9 ± 5,9)	innerhalb von 30 Minuten 500 ml ED täglich über 7 Tage: Koffein: 200 mg/Tag Taurin: 2000 mg/Tag GL: Menge?	BD, HF; QTc	0,5 bis 4 h Messung am 1. und 7. Tag	Bezogen auf den Ausgangswert stieg der SBP nach ED-Konsum signifikant sowohl am 1. Tag (von 109,9 ± 12,4 mmHg auf 118,6 ± 16,1 mmHg, p = 0,006) als auch nach 7 Tagen ED-Verzehr (von 108,9 ± 12,9 mmHg auf 119,4 ± 17,6 mmHg, p < 0,001). Der DBP stieg signifikant am 1. Tag (von 68,3 ± 11,6 mmHg auf 73.1 ± 11 mmHg, p = 0,046) und nicht signifikant nach 7 Tagen. Die HF stieg 4 h nach Konsum signifikant am 1 Tag (von 65,4 ± 12.4 bpm auf 73,5 ± 12,5 bpm, p = 0,009) und nach 7 Tagen (von 66,2 ± 14,0 bpm auf 70,5 ± 14,4 bpm, p < 0,001). Das QTc-Intervall war nicht signifikant verändert. Es wurde über milde unerwünschte Wirkungen wie z. B. Unruhe, Magen-Darm-Beschwerden usw. berichtet.
(Svatikova et al., 2015) USA	kontrolliert, randomisiert, <i>cross-over</i>	25 11 w 14 m	P (25) Saft	18 und älter?	innerhalb von 5 Minuten 480 ml ED: 240 mg Koffein, 2000 mg Taurin	BD, HF	0,5 h	Nach Konsum des ED wurde bezogen auf den Ausgangswert im Vergleich zum Placebo ein signifikant höherer Anstieg des SBP (6,2 % versus 3,1 %; von 108,4 auf 115 mmHg versus 108,3 zu 111,6 mmHg, p = 0,01), des DBP (6,8 % versus 0 %; von 64,3 auf 68,5 mmHg versus 65,1 auf 64,9 mmHg, p = 0,001) und des mittleren BD (6,4 % versus 1 %; 74,2 auf 78,9 mmHg versus 74,9 auf 75,4 mmHg, p < 0,001) gemessen. Die HF unterschied sich nicht zwischen den beiden Behandlungsperioden.

Tabelle 2: Fallberichte im zeitlichen Zusammenhang mit dem Konsum von Energydrinks. Kausalzusammenhänge wurden nicht eruiert.

Referenz	Person	Menge an Energydrinks (ED)	Effekte	Bekannte Vorerkrankungen (VE)	Weitere Parameter
(Avcı et al., 2013) Türkei	m 28 Jahre	3 Dosen ED á 250 ml 240 mg Koffein	Ventrikuläre Tachykardie. Tod durch plötzlichen Herzstillstand am 3. Tag nach Einweisung. Zuvor Herzrasen und Übelkeit; bei Sport Bewusstlosigkeit	Keine VE, keine familiäre Vorbelastung (Befragung)	während Basketballspiel 5 h nach ED Konsum, seit 7 Monaten regelmäßiger ED Konsum (1 ED pro Tag)
(Babu et al., 2011) USA	m 15 Jahre	2 Dosen schnell hintereinander (Energy Shot)	Beobachteter tonisch-klonischer epileptischer Anfall, Dauer 1 Minute, 2 h nach Konsum von ED, im Krankenhaus häufiges Übergeben Follow-Up: nach 2 Monaten ED-Abstinenz keine weiteren Anfälle	Bisher keine epileptischen Anfälle, keine VE erwähnt	Konsum vor der Schule und zusätzlich 1 Tasse Kaffee, gelegentlicher ED-Trinker, aber bisher keine Effekte
(Benjo et al., 2012) USA	m 24 Jahre	3 Dosen ED mit Wodka	Akute Thrombose in Hauptkoronargefäß, zuvor 10 Stunden Übelkeit, Erbrechen, Herzrasen, Brustschmerzen	Keine VE, keine familiäre Vorbelastung (Befragung)	+ Alkohol, 1 Woche davor Marihuana-Konsum, nicht mehr als 5 Zigaretten wöchentlich
(Belzile et al., 2020) Kanada	w 26 Jahre	1 bis 2 Liter ED pro Tag	Dilatative Kardiomyopathie mit stark eingeschränkter EF Begleitet von Husten, eingeschränkter Leistungsfähigkeit, Tachykardie und erhöhter Atemfrequenz Patientin wurde vorübergehend ein linksventrikuläres Herzunterstützungssystem (LVAD) eingesetzt	Fokale Epilepsie (behandelt mit Lamotrigin), keine familiäre Vorbelastung hinsichtlich Herzerkrankungen	Gelegentlicher Alkoholkonsum (3 bis 4 Drinks pro Woche)

			Entlassung nach 29 Tagen bei guter gesundheitlicher Verfassung Follow-Up: regelmäßige Nachkontrollen und ED-Abstinenz zeigten stetige Verbesserung der Herzfunktionen; nach 9 Monaten erfolgte die Entfernung des LVAD		
(Berger and Alford, 2009) Australien	m 28 Jahre	7 bis 8 Dosen ED	ST-Strecken-Hebungsinfarkt (STEMI), Therapie, nach 6 Tagen entlassen, Follow-Up: nach 2 Monaten mit Therapie keine weiteren Beschwerden	Keine VE, keine familiäre Vorbelastung	bei Motocross-Rennen
(Berigan, 2005) USA	m 25 Jahre	6 bis 8 oz ED täglich (240 ml) 800 mg Koffein pro Tag	Angststörung Follow-Up: nach 3 Monaten ED-Abstinenz beschwerdefrei	Keine VE	
(Calabrò et al., 2012) Italien	m 20 Jahre	4 bis 6 Dosen ED täglich	Beobachteter tonisch-klonischer epileptischer Anfall. Follow-Up nach 2 Jahren: kein Anfall mehr	Keine epileptische VE	seit fünf Monaten 4 bis 6 Dosen ED täglich, ansonsten keine Drogen
(Cannon et al., 2001) Australien	w 25 Jahre	55 ml Flasche Energy Shot Analyse: 10 g Koffein pro Liter -> 550 mg Koffein/55 ml	Tod durch Kammerflimmern	Mitralklappen-Prolaps	
(Cruzado et al., 2014) Peru	w 31 Jahre	7 bis 8 ED (pro Flasche 81 mg Koffein, 202 mg Taurin)	Manie. Nach 1 Monat ED-Abstinenz keine Symptome mehr.	Keine VE, Schwester mit bipolarer Störung	2 bis 5 Tassen Kaffee täglich

			Nach 8 Monaten erneuter ED-Konsum (2 Flaschen) und erneute Symptome. Follow-Up: über ein Jahr ED-Abstinenz und asymptomatisch		
(Dikici et al., 2013) Türkei	m 37 Jahre	3 Dosen ED á 250 ml + Wodka	Beobachteter tonisch-klonischer epileptischer Anfall über 10 Minuten, ischämischer Schlaganfall	Bisher keine epileptischen Anfälle, keine VE erwähnt	+ Alkohol (regelmäßiger Konsum, gelegentlich mit ED), zwei Packungen Zigaretten täglich
(Di Rocco et al., 2011) USA	m 14 Jahre	unbekannte Menge eines koffeinhaltigen Drinks	Vorhofflimmern, zuvor Herzflattern nach Rennwettbewerb. Therapie: Digoxin. Follow-Up nach 1 Monat: beschwerdefrei	Keine VE	Rennwettbewerb, 5 Tage vorher ED getrunken und ebenfalls Herzflattern bemerkt
(Di Rocco et al., 2011) USA	m 16 Jahre	unbekannte Menge ED auf Party mit Wodka	Vorhofflimmern. Zuvor Vergiftungssymptome und Übergeben nach geringem Kopftrauma. Therapie: intravenöse Flüssigkeitszufuhr. Follow-Up nach 1 Woche: asymptomatisch	bekanntes Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätssyndrom (ADHS)	+ Alkohol
(Dufendach et al., 2012) USA	w 13 Jahre	16 oz ED (480 ml) 160 mg Koffein seit 2 Wochen fast täglich	Verlängertes QTs (622 ms). Zuvor Herzrasen, Brustschmerzen, Schwindel. Therapie: Beta-Blocker	Zuvor undiagnostizierte Ionenkanalerkrankung mit <i>long</i> QTc-Syndrom (Mutation: G179S-KCNQ1). Auch Vater und ein Geschwister teil stellten sich als positiv raus.	
(Enriquez and Frankel, 2017) USA	m 19 Jahre	8 oz (ca. 240 ml) ED in 2 h	Herzstillstand nach Kammerflimmern.	?	

			Mit implantiertem Kardioverter-Defibrillator entlassen		
(Enriquez and Frankel, 2017) USA	w 23 Jahre	1 Dose ED	Kammerflimmern. Therapie: implantierter Kardioverter-Defibrillator und Empfehlung auf ED und andere Koffeinquellen zu verzichten Follow-Up: nach drei Monaten keine Beschwerden mehr	Peripartale Kardiomyopathie während der 3. Schwangerschaft	
(Gharacholou et al., 2017) USA	m 27 Jahre	manchmal bis zu 4 bis 5 EDs innerhalb von 12 Stunden	Akuter ST-Strecken-Hebungsinfarkt (STEMI), aber normale Koronararterien. Zuvor linksseitige Brustschmerzen, Kurzatmigkeit, Diaphorese, erhöhter Blutdruck. Therapie mit Nitraten und Calcium-Kanal-Blocker	Keine VE, Onkel mit koronarer Herzerkrankung	
(González et al., 2015) Puerto Rico	m 44 Jahre	ein ED vor dem Sport	Dissektion des Truncus coeliacus. Zuvor epigastrische Schmerzen, Schwindel.	Keine VE	intensiver Sport über mehrere Stunden
(Görgülü et al., 2014) Türkei	m 21 Jahre	1 bis 2 ED täglich. Pro Flasche 150 mg Koffein, 800 mg Taurin, 100 mg Inositol and 20 mg Glucuronolacton	Psychose. Follow-Up: mit Therapie (Amisulprid) asymptomatisch	Keine VE	manchmal mit etwas Wodka
(Hanan Israelit et al., 2012) Israel	m 24 Jahre	20 Dosen ED (XL)	Tod durch ST-Hebungsinfarkt. Zuvor Brustschmerzen, Übelkeit, Erbrechen	Übergewicht und leichter Bluthochdruck.	+ 3,4-Methylenedioxymethamphetamin (MDMA)

(Harb et al., 2016) USA	m 50 Jahre	4 bis 5 ED täglich seit drei Wochen	Akute Hepatitis. Zuvor seit 2 Wochen Unwohlsein, Appetitlosigkeit, Bauchschmerzen, Übelkeit, Erbrechen, Ikterus, dunkler Urin Follow-Up: unterstützend behandelt. nach 2 Wochen ED-Abstinenz keine Transaminitis mehr	Chronische HCV-Infektion	
(Hernandez-Huerta et al., 2017) Spanien	m 18 Jahre	letzten 7 Tage 6 ED pro Tag (80 mg Koffein/Dose)	Psychose. Follow-Up: Therapie. Nach 2 Jahren ED- und Cannabis-Abstinenz asymptomatisch	Keine VE	20 Zigaretten täglich, 3 Cannabis Zigaretten pro Tag, gelegentlich Alkohol am Wochenende
(Iyadurai and Chung, 2007) USA	m 25 Jahre	2 Flaschen 24 oz ED (2 x 720 ml)	Beobachteter tonisch-klonischer epileptischer Anfall für 2 Minuten eine Stunde nach Konsum des ED. Follow-Up: in 6 Monaten ED-Abstinenz keine weiteren Anfälle	Keine VE, keine familiäre Vorbelastung hinsichtlich Epilepsie	
(Iyadurai and Chung, 2007) USA	m 19 Jahre	einige 24 oz (720 ml) EDs	Beobachteter tonisch-klonischer epileptischer Anfall für 1 Minute nach zwei Stunden des ED-Konsums. Follow-Up: in 6 Monaten ED-Abstinenz keine weiteren Anfälle	Migräne, keine familiäre Vorbelastung	
(Iyadurai and Chung, 2007) USA	m 26 Jahre	> 2 x 24 oz (720 ml) EDs	Beobachteter tonisch-klonischer epileptischer Anfall, vorherige Anfälle in zeitlichen Zusammenhang mit ED-Konsum Follow-Up: in 2 Monaten ED-Abstinenz keine weiteren Anfälle.	Migräne,	
(Iyer et al., 2016)	m	2 Flaschen des ED	Rhabdomyolyse.	Keine VE	

USA	35 Jahre		Zuvor dunkler Urin und Muskelschmerzen. Therapie: Intravenöse Flüssigkeitszufuhr. Nach drei Tagen im Krankenhaus Kreatin-Kinase Spiegel gesunken Follow-Up: nach 2 Wochen asymptomatisch		
(Jonjev and Bala, 2013) Serbien	m 54 Jahre	gelegentlich 4 bis 5 ED (meist gleichen Energydrink)	Subakute Aortendissektion. Brustschmerzen, Müdigkeit, Kurzatmigkeit. Operation. Follow-Up: nach ein Jahr ohne Symptome	?	
(Jonjev and Bala, 2013) Serbien	m 26 Jahre	5 bis 6 ED auf einer Party	Subakute Aortendissektion. Zuvor Brustschmerzen		Dilatation der aufsteigenden Aorta, bicuspid Aortenventil
(Jonjev and Bala, 2013) Serbien	m 48 Jahre	ED Konsum	Subakute Aortendissektion.		Familiärer Bluthochdruck
(Kaoukis et al., 2012) Griechenland	m 24 Jahre	ED Konsum (mit Koffein und 1,3-Dimethyl-amylamin (DMAA))	<i>Reverse Takotsubo-Kardiomyopathie.</i> <i>Zuvor Brustschmerzen, Atemstillstand, Herzasen.</i> <i>Follow-Up: 2 Monate nach Therapie mit Lisinopril und Carvedilol normale Ventrikelfunktion</i>	?	+ 1,3-Dimethyl-amylamin (DMAA)
(Mattioli et al., 2016) Italien	m 22, 23, 26 Jahre	ED Konsum 2 x 125 mg Koffein 1 x 80 mg Koffein + Alkohol	Vorhofflimmern 8 h nach ED Konsum. Spontanes Verschwinden des Vorhofflimmerns. Follow-Up: in 2 Jahren ED-Abstinenz kein weiteres Vorhofflimmern	Anamnese?, keine anderen klinischen Symptome, toxikologisches Screening negativ	bei einem Patienten + Alkohol

(Molitor et al., 2024) Deutschland	m 28 Jahre	Zum ersten Mal 3 Dosen ED (1500 ml, 480 mg Koffein) konsumiert; diese wurden schnell hintereinander getrunken	Kammerflimmern Patient war reanimationspflichtig und musste mehrfach defibrilliert werden, in der Klinik wurde er maschinell beatmet und es kam erneut zum Kammerflimmern Es erfolgte die Implantation eines Einkammer-Defibrillators Entlassung nach 2 Wochen ohne neurologische Defizite	Es wurde eine vorher nicht bekannte rechtsventrikuläre Dysplasie (ARVD) diagnostiziert	Raucht ca. 10 Zigaretten pro Tag, absolvierte zuvor ein ca. 1,5 h Fußballtraining
(Mounir et al., 2015) Marokko	m 28 Jahre	4 Dosen (1000 ml) ED in drei Stunden	Hypokaliämie. Zuvor Durst, Schwitzen, Übelkeit	Keine VE	
(Murt, 2025) Türkei	m 21 Jahre	2 Liter ED pro Tag seit einem Monat	Akutes Nierenversagen (Stadium III) Begleitet von Übelkeit, Erbrechen, Unwohlsein, erhöhten Laborparametern (Serumkreatinin, CRP, Harnstoff) und verminderter Urinausscheidung Follow-Up: während des 2-Jahre dauernden Follow-Up-Zeitraums war die Nierenfunktion normal	Keine VE, keine familiäre Vorbelastung	Vorbereitung auf ein Wettrennen
(Nagajothi et al., 2008) USA	w 23 Jahre	ED Konsum: ein Energy Shot und ein ED	Supraventrikuläre Tachykardie. Zuvor Engegefühl in der Brust, Herzrasen. Adenosin-Therapie.	Keine VE	
(Oberhoffer et al., 2023a) Deutschland	w 16 Jahre	Große Mengen ED an den 3 vorhergehenden Tagen	Therapierefraktäres Kammerflimmern Patientin war reanimationspflichtig und wurde	Keine VE, keine familiäre Vorbelastung Histopathologische Untersuchungen wiesen eine	Schlafmangel

			in der Klinik an die ECMO angeschlossen An Tag 5 wurde der irreversible Ausfall der Hirnfunktionen diagnostiziert und die Patientin für hirntot erklärt	überstandene Myokarditis mit multipler kleinfleckiger interstitieller Fibrosierung nach
(Peake et al., 2007) Vereinigtes Königreich	m 58 Jahre	1 Flasche pro Woche (1000 ml) mit 4000 mg Koffein/ l seit 6 Monaten	Tachykardie-induzierte dilatative Kardiomyopathie. Therapie: Digoxin, Ramipril und Warfarin. Follow-Up: nach 6 Monaten und ED-Abstinenz asymptomatisch mit normaler Ventrikelgröße	Keine VE
(Polat et al., 2013) Türkei	m 13 Jahre	das erste Mal ein ED	Spontane koronare Arterien-dissektion (SCAD) und ST-Hebungsinfarkt (STEMI). Zuvor Brustschmerzen 8 h nach ED Konsum. Behandlung Follow-Up: nach 1 Monat mit Therapie keine Brustschmerzen mehr	Keine VE, keine familiäre Vorbelastung
(Randhawa et al., 2022) USA	m 29 Jahre	7 ED 16 oz am vorhergehenden Tag (üblicherweise werden 5 bis 6 ED pro Tag konsumiert)	Akute Pankreatitis Begleitet von Übelkeit, Erbrechen, extremen epigastrischen Schmerzen und stark erhöhten Lipasewerten (3122 U/L) Nach 3 Tagen Klinikaufenthalt war der Patient asymptomatisch Follow-Up: nach 4 Wochen, 3 Monaten und 2 Jahren sowie ED-Abstinenz traten derartige Symptome nicht mehr auf	Keine VE, keine familiäre Vorbelastung

(Rottlaender et al., 2012) Deutschland	w 22 Jahre	6 Dosen ED innerhalb von 4 Stunden	Herzstillstand aufgrund eines verlängerten QT-Syndroms. Wiederbelebung nach Adrenalingabe und Elektroschocks erfolgreich. Nach drei Tagen QTc normalisiert. Entlassen mit Kardioverter-Defibrillator und Beta-Blocker-Therapie Follow-Up: nach 1,5 Jahren ohne Beschwerden und normales QTc-Intervall	Keine VE, keine familiäre Vorbelastung genetischer Test ergab Long-QT-Syndrom	Diskotheek
(Rutledge et al., 2012) USA	m 24 Jahre	das erste Mal einen ED (80 mg Koffein, 1000 mg Taurin) + Wodka	Kammerflimmern nach wenigen Schlucken. Therapie: automatischer intrakardialer Defibrillator (AICD)	Zuvor undiagnostiziertes Brugada Syndrom (Störung des Natrium-Kanals), davor gelegentliches Herzrasen, keine familiäre Vorbelastung	+ Alkohol
(Schöffl et al., 2011) Deutschland	m 17 Jahre	3 Liter ED in Kombination mit 1 Liter Wodka (780 mg Koffein, 4600 mg Taurin, 380 g Alkohol)	Akutes Nierenversagen. Eingeliefert ins Krankenhaus, weil Erbrechen und Schwindel nach zwei 100 Meter-Läufen in der Schule, nachdem die ED-Menge den Tag zuvor getrunken wurde. Therapie mit Enalapril. Follow-Up nach drei Wochen zeigte keine pathologischen Befunde mehr.	Keine VE berichtet.	Mit 380 g Alkohol. Konsumierte ED-Flasche mit einer Packungsgröße von 1 Liter.
(Scott et al., 2011) Vereinigtes Königreich	m 19 Jahre	2 bis 3 ED täglich seit einer Woche	ST-Strecken-Hebungsinfarkt (STEMI). Zuvor Brustschmerzen, Kurzatmigkeit. Therapie für akutes Koronarsyndrom und Aspirin, ACE-Hemmer und Beta-Blocker	Gastro-ösophagealer Reflux, ansonsten keine, keine familiäre Vorbelastung	Domperidon

			Follow-Up: nach 2 Monaten mit Therapie und ED-Abstinenz keine weiteren Brustschmerzen		
(Solomin et al., 2015) USA	m 26 Jahre	gewöhnlich etwa 4 Liter ED	ST-Strecken-Hebungsinfarkt (STEMI). Zuvor Brustschmerzen, Schweißausbrüche, Übelkeit, Erbrechen Therapie: Thrombozytenaggregationshemmer, ACE-Hemmer, Beta-blocker, Statin	Anamnese?, toxikologisches Screening negativ	20 Zigaretten pro Tag
(Staikoglou et al., 2022) Griechenland	m 14 Jahre	2 Liter ED innerhalb von 10 Stunden	Zerebrale Ischämie durch Dissektion der <i>Arteria cerebri posterior</i> (PCA) Begleitet von Dysarthrie, Kopfschmerzen, Sensibilitätsstörung der Haut und Störung des rechten Gesichtsfeldes Bei Einlieferung betrug der Blutdruck 190/120 mm HG und die Herzfrequenz 116 bpm Entlassung nach 2 Wochen ohne neurologische Defizite	Keine VE	
(Szpak and Allen, 2012) Vereinigtes Königreich	m 28 Jahre	14 Dosen ED (à 250 ml) an einem Tag	Impulsiver Suizid. Zuvor 72 Stunden ohne Schlaf. Zuvor keine Suizidgedanken und keine Erinnerung an den Suizidvorfall.	Keine VE, Bruder beging Suizid, weiterer Bruder starb an Alkohol und Drogenüberdosis, Vater Alkoholiker	
(Terlizzi et al., 2008) Italien	w 16 Jahre	4 bis 5 Dosen ED täglich	Postdurales Tachykardiesyndrom (POTS). Zuvor seit 3 Monaten	Keine VE	professionelle Volleyballspielerin

			Orthostatische Intoleranz und vorübergehende Bewusstlosigkeit, Bewusstlosigkeit, aufgetreten eine Woche nach Beginn des ED Konsums Follow-Up: eine Woche nach ED-Abstinenz asymptomatisch, auch nach 1 Jahr noch			
(Trabulo et al., 2011) Portugal	m 28 Jahre	6 Dosen ED	Beobachteter tonisch-klonischer epileptischer Anfall für 10 Minuten. Initiale Behandlung. Follow-Up: in 3 Monaten nach ED-Abstinenz keine weiteren Anfälle	Keine VE in Bezug auf Epilepsie, aber chronische Hepatitis C, Mitralinsuffizienz, postinfektiöse Endokarditis	+ Kaffee früher Konsum von Heroin und Kokain	

6 Abkürzungsverzeichnis

BD	Blutdruck
bpm	<i>beats per minute</i>
ED	Energydrink
DBP	<i>diastolic blood pressure</i> , diastolischer Blutdruck
FS	<i>fractional shortening</i>
GLS	<i>global longitudinal strain</i>
HF	Herzfrequenz
HFV	Herzfrequenzvariabilität
HMV	Herzminutenvolumen
LV	linksventrikulär
LVEDV	linksventrikuläres enddiastolisches Volumen
LVEF	linksventrikuläre Ejektionsfraktion
LVESD	linksventrikulären endsystolischen Durchmesser
LVESV	linksventrikuläres endsystolisches Volumen
LVSV	linksventrikuläres Schlagvolumen
MAPSE	<i>mitral annular systolic plane systolic excursion</i>
MW	Mittelwert
NGW	Normalgewicht
PSS	<i>peak systolik strain</i>
PSSR	<i>peak systolik strain rate</i>
RV	rechtsventrikulär
RVLS	<i>right ventricular longitudinal strain</i>
SBP	systolic blood pressure, systolischer Blutdruck
SV	Schlagvolumen
TAPSE	<i>tricuspid annular plane systolic excursion</i>
TN	Teilnehmende
Tp-e	<i>electrocardiographic T wave</i>
ÜGW	Übergewicht
VR	<i>Valsava rati</i>

Weitere Informationen auf der BfR-Website zu Energydrinks

FAQ_Kaffee, Energy Drinks oder Koffeinpulver: Muntermacher mit gesundheitlichen Risiken?

<https://www.bfr.bund.de/fragen-und-antworten/thema/fragen-und-antworten-zu-koffein-und-koffeinhaltigen-lebensmitteln-einschliesslich-energy-drinks/>

FAQ: EDKAR Studie: Wie wirkt sich ein chronisch hoher Energy Drink-Konsum auf das Herz-Kreislauf-System Jugendlicher aus?

<https://www.bfr.bund.de/fragen-und-antworten/thema/edkar-studie-wie-wirkt-sich-ein-chronisch-hoher-energy-drink-konsum-auf-das-herz-kreislauf-system-jugendlicher-aus/>

Presseinformation: Chronisch hoher Konsum von Energy Drinks ist bei Jugendlichen zunächst nicht mit einer Schädigung des Herzens verbunden

<https://www.bfr.bund.de/presseinformation/chronisch-hoher-konsum-von-energy-drinks-ist-bei-jugendlichen-zunaechst-nicht-mit-einer-schaedigung-des-herzens-verbunden/>

Podcast: Koffein-Kick mit Risiko

<https://podcast.bfr.bund.de/7-koffein-kick-mit-risiko-007>

7 Referenzen

Abebe W, Mozaffari M (2011). Role of taurine in the vasculature: an overview of experimental and human studies. Am J Cardiovasc Dis. 1: 293-311.

Abernethy DR, Todd EL (1985). Impairment of caffeine clearance by chronic use of low-dose oestrogen-containing oral contraceptives. Eur J Clin Pharmacol. 28: 425-428.

Abernethy DR, Todd EL, Schwartz JB (1985). Caffeine disposition in obesity. Br J Clin Pharmacol. 20: 61-66.

Al-Fares MN, Alsunni A, Majeed F, Badar A (2015). Effect of energy drink intake before exercise on indices of physical performance in untrained females. Saudi Med J. 36: 580-586.

Aldridge A, Bailey J, Neims A (1981). The disposition of caffeine during and after pregnancy. Semin Perinatol. 5: 310-314.

Alford C, Cox H, Wescott R (2001). The effects of red bull energy drink on human performance and mood. Amino Acids. 21: 139-150.

Alsunni A, Majeed F, Yar T, AlRahim A, Alhawaj A, Alzaki M (2015). Effects of energy drink consumption on corrected QT interval and heart rate variability in young obese Saudi male university students. *Ann Saudi Med.* 35: 282-287.

Ammon HP (1991). Biochemical mechanism of caffeine tolerance. *Arch Pharm (Weinheim)*. 324: 261-267.

ANSES (2013). Opinion of the French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety on the assessment of risks concerning the consumption of so-called “energy drinks” (Request no. 2012-SA-0212).
<https://www.anses.fr/en/system/files/NUT2012sa0212EN.pdf>.

Aranda JV, Collinge JM, Zinman R, Watters G (1979). Maturation of caffeine elimination in infancy. *Arch Dis Child.* 54: 946-949.

Arnaud M (1993). Metabolism of caffeine and other components of coffee. In: Caffeine, coffee and health. Ed Garattini S. Raven Press, New York, NY, USA, 43–95.

Authenrieth G, Bayer R, Behrenbeck D, Biamini G, Bolte H, Burkat F, Bussmann W, Cyran J, Erdmann E, Heierli B, Krück F, Linderer T, Rahlf G, Riecker G, Schöder R, Steinbeck G, Strauer B, Stumpe K, Uhlich E, Zähringer J (1984). Herzinsuffizienz - Handbuch der Inneren Medizin. Vol (Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer Verlag).

Avcı S, Sarıkaya R, Büyükcım F (2013). Death of a young man after overuse of energy drink. *Am J Emerg Med.* 31: 1624.e1623-1624.

Babu KM, Zuckerman MD, Cherkes JK, Hack JB (2011). First-Onset Seizure After Use of an Energy Drink [corrected]. *Pediatr Emerg Care.* 27: 539-540.

BÄK/KBV/AWMF (2023). Nationale VersorgungsLeitlinie - Hypertonie. Langfassung
<https://www.leitlinien.de/themen/hypertonie/pdf/hypertonie-vers1-0-lang.pdf>.

Bakker A, Berg H (2002). Effect of taurine on sarcoplasmic reticulum function and force in skinned fast-twitch skeletal muscle fibres of the rat. *J Physiol.* 538: 185-194.

Balogh A, Klinger G, Henschel L, Borner A, Vollandt R, Kuhn W (1995). Influence of ethinylestradiol-containing combination oral contraceptives with gestodene or levonorgestrel on caffeine elimination. *Eur J Clin Pharmacol.* 48: 161-166.

Basrai M, Schweinlin A, Menzel J, Mielke H, Weikert C, Dusemund B, Putze K, Watzl B, Lampen A, Bischoff SC (2019). Energy Drinks Induce Acute Cardiovascular and Metabolic Changes Pointing to Potential Risks for Young Adults: A Randomized Controlled Trial. *J Nutr.* 149: 441-450.

Baum M, Weiss M (2001). The influence of a taurine containing drink on cardiac parameters before and after exercise measured by echocardiography. *Amino Acids.* 20: 75-82.

Belzile D, Cinq-Mars A, Bernier M, Leblanc MH, Bourgault C, Morin J, Laflamme M, Charbonneau É, Sénéchal M (2020). Do Energy Drinks Really Give You Wings? Left Ventricular Assist Device Therapy as a Bridge to Recovery for an Energy Drink-Induced Cardiomyopathy. *Can J Cardiol.* 36: 317.e311-317.e313.

Benjo AM, Pineda AM, Nascimento FO, Zamora C, Lamas GA, Escolar E (2012). Left main coronary artery acute thrombosis related to energy drink intake. *Circulation*. 125: 1447-1448.

Berger AJ, Alford K (2009). Cardiac arrest in a young man following excess consumption of caffeinated "energy drinks". *Med J Aust*. 190: 41-43.

Berigan T (2005). An anxiety disorder secondary to energy drinks: a case report. *Psychiatry (Edgmont)*. 2: 10.

Berthou F, Flinois JP, Ratanasavanh D, Beaune P, Riche C, Guillouzo A (1991). Evidence for the involvement of several cytochromes P-450 in the first steps of caffeine metabolism by human liver microsomes. *Drug Metab Dispos*. 19: 561-567.

BfR (2013). Anlassbezogene Befragung von Hochverzehrern von Energy-Drinks. <https://www.bfr.bund.de/veroeffentlichung/anlassbezogene-befragung-von-hochverzehrern-von-energy-drinks/>. In BfR Wissenschaft 06/2013, pp. 95.

Blanchard J, Sawers SJ (1983). The absolute bioavailability of caffeine in man. *Eur J Clin Pharmacol*. 24: 93-98.

Brons C, Spohr C, Storgaard H, Dyerberg J, Vaag A (2004). Effect of taurine treatment on insulin secretion and action, and on serum lipid levels in overweight men with a genetic predisposition for type II diabetes mellitus. *Eur J Clin Nutr*. 58: 1239-1247.

Brothers R, Christmas K, Patik J, Bhella P (2016). Heart rate, blood pressure and repolarization effects of an energy drink as compared to coffee. *Clin Physiol Funct Imaging*. 37: 675-681.

Calabrò RS, Italiano D, Gervasi G, Bramanti P (2012). Single tonic-clonic seizure after energy drink abuse. *Epilepsy Behav*. 23: 384-385.

Cannon ME, Cooke CT, McCarthy JS (2001). Caffeine-induced cardiac arrhythmia: an unrecognised danger of healthfood products. *Med J Aust*. 174: 520-521.

Carlomagno G, Unfer V (2011). Inositol safety: clinical evidences. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 15: 931-936.

Coyle EF, Coggan AR, Hemmert MK, Ivy JL (1986). Muscle glycogen utilization during prolonged strenuous exercise when fed carbohydrate. *J Appl Physiol* (1985). 61: 165-172.

Coyle EF, Hagberg JM, Hurley BF, Martin WH, Ehsani AA, Holloszy JO (1983). Carbohydrate feeding during prolonged strenuous exercise can delay fatigue. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*. 55: 230-235.

Cruzado L, Sánchez-Fernández M, Cortez-Vergara C, Rojas-Rojas G (2014). Mania induced by high content caffeinated energy drinks. *Actas Esp Psiquiatr*. 42: 259-262.

DAK (2017). Präventionsradar (<https://www.dak.de/dak/download/praeventionsradar-1936276.pdf>).

DAK (2022). Präventionsradar (https://www.dak.de/dak/unternehmen/reporte-forschung/praeventionsradar-2022_27660).

DGAUM/GfA/DGSP/DPG (2021). S2k-Leitlinie Nutzung der Herzschlagfrequenz und der Herzschlagfrequenzvariabilität in der Arbeitsmedizin und der Arbeitswissenschaft. Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V. (DGAUM), Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (GfA), Deutsche Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention e.V. (DGSP); Deutsche Physiologische Gesellschaft e. V. (DPG)

https://register.awmf.org/assets/guidelines/002-042l_S2k_Nutzung-Herzschlagfrequenz-Herzfrequenzvariabilitaet-Arbeitsmedizin-Arbeitswissenschaft_2022-03_1.pdf.

DGPK (2018). S2k Leitlinie Pädiatrische Kardiologie: Tachykardie Herzrhythmusstörungen im Kindes-, Jugend- und jungen Erwachsenenalter (EMAH-Patienten). in Überarbeitung

https://register.awmf.org/assets/guidelines/023-022l_S2k_Tachykardie_Herzrhythmusstoerungen-Kinder-Jugendliche-junge-Erwachsene_2019-04-abgelaufen.pdf.

DGPK (2022). Arterielle Hypertonie im Kindes- und Jugendalter - Deutsche Gesellschaft für pädiatrische Kardiologie und angeborene Herzfehler e.V.

https://register.awmf.org/assets/guidelines/023-040l_S2k_Arterielle_Hypertonie-Kinder-Jugendliche_2024-08.pdf.

Di Rocco JR, During A, Morelli PJ, Heyden M, Biancaniello TA (2011). Atrial fibrillation in healthy adolescents after highly caffeinated beverage consumption: two case reports. J Med Case Rep. 5: 18.

Dikici S, Saritas A, Besir FH, Tasci AH, Kandis H (2013). Do energy drinks cause epileptic seizure and ischemic stroke? Am J Emerg Med. 31: 274.e271–274.e274.

Doerner JM, Kuetting DL, Luetkens JA, Naehle CP, Dabir D, Homsy R, Nadal J, Schild HH, Thomas DK (2015). Caffeine and taurine containing energy drink increases left ventricular contractility in healthy volunteers. Int J Cardiovasc Imaging. 31: 595-601.

Dowben RM (1956). The fate of sodium glucuronate and glucuronolactone in man. J Clin Invest. 35: 277-280.

Dufendach KA, Horner JM, Cannon BC, Ackerman MJ (2012). Congenital type 1 long QT syndrome unmasked by a highly caffeinated energy drink. Heart Rhythm. 9: 285-288.

Duncker DJ, Bache RJ (2008). Regulation of coronary blood flow during exercise. Physiol Rev. 88: 1009-1086.

Dutka TL, Lambole CR, Murphy RM, Lamb GD (2014). Acute effects of taurine on sarcoplasmic reticulum Ca²⁺ accumulation and contractility in human type I and type II skeletal muscle fibers. J Appl Physiol (1985). 117: 797-805.

EFSA (2009). The use of taurine and D-glucurono-gamma-lactone as constituents of the so-called "energy" drinks. EFSA J. 935: 1-31.

EFSA (2014). Scientific Opinion on the safety and efficacy of inositol as a feed additive for fish, dogs and cats. EFSA J. 12: 3671.

EFSA (2015). Scientific Opinion on the Safety of caffeine. EFSA J. 13: 4102.

EFSA (2016). Safety and efficacy of inositol as nutritional additive for dogs and cats. EFSA J. 14: 4511.

Elitok A, Oz F, Panc C, Sarikaya R, Sezikli S, Pala Y, Bugan OS, Ates M, Parildar H, Ayaz MB, Atici A, Oflaz H (2015). Acute effects of Red Bull energy drink on ventricular repolarization in healthy young volunteers: a prospective study. *Anatol J Cardiol.* 15: 919-922.

Enriquez A, Frankel DS (2017). Arrhythmogenic effects of energy drinks. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 28: 711-717.

Evans DL (1985). Cardiovascular adaptations to exercise and training. *Vet Clin North Am Equine Pract.* 1: 513-531.

FDA (2005). Guidance for Industry E14 Clinical Evaluation of QT/QTc Interval Prolongation and Proarrhythmic Potential for Non-Antiarrhythmic Drugs (<https://www.fda.gov/downloads/Drugs/GuidanceComplianceRegulatoryInformation/Guidances/UCM073153.pdf>).

FDA (2012). CFSAN Adverse Event Reporting System (https://www.govinfo.gov/content/pkg/GOVPUB-HE20_4000-PURL-gpo31531/pdf/GOVPUB-HE20_4000-PURL-gpo31531.pdf: Center for Food Safety and Applied Nutrition).

Ferre S (2008). An update on the mechanisms of the psychostimulant effects of caffeine. *J Neurochem.* 105: 1067-1079.

Ferre S (2010). Role of the central ascending neurotransmitter systems in the psychostimulant effects of caffeine. *J Alzheimers Dis.* 20: S35-S49.

Fisone G, Borgkvist A, Usiello A (2004). Caffeine as a psychomotor stimulant: mechanism of action. *Cell Mol Life Sci.* 61: 857-872.

Fleming S, Thompson M, Stevens R, Heneghan C, Plüddemann A, Maconochie I, Tarassenko L, Mant D (2011). Normal ranges of heart rate and respiratory rate in children from birth to 18 years of age: a systematic review of observational studies. *Lancet.* 377: 1011-1018.

Fletcher EA, Lacey CS, Aaron M, Kolasa M, Occiano A, Shah SA (2017). Randomized Controlled Trial of High-Volume Energy Drink Versus Caffeine Consumption on ECG and Hemodynamic Parameters. *J Am Heart Assoc.* 6: e004448.

Foodwatch (2024). So viele Energydrinks trinken Jugendliche. <https://www.foodwatch.org/de/so-viele-energydrinks-trinken-jugendliche>.

Franks AM, Schmidt JM, McCain KR, Fraer M (2012). Comparison of the effects of energy drink versus caffeine supplementation on indices of 24-hour ambulatory blood pressure. *Ann Pharmacother.* 46: 192-199.

Fredholm BB, Battig K, Holmen J, Nehlig A, Zvartau EE (1999). Actions of caffeine in the brain with special reference to factors that contribute to its widespread use. *Pharmacol Rev.* 51: 83-133.

FrSaftErfrischGetrV (2012). Zweite Verordnung zur Änderung der Fruchtsaftverordnung und anderer lebensmittelrechtliche Vorschriften (https://www.gesetze-im-internet.de/frsaftv_2004/FrSaftErfrischGetrV.pdf).

Galimov A, Hanewinkel R, Hansen J, Unger JB, Sussman S, Morgenstern M (2019). Energy drink consumption among German adolescents: Prevalence, correlates, and predictors of initiation. *Appetite*. 139: 172-179.

Galler S, Hutzler C, Haller T (1990). Effects of taurine on Ca²⁺-dependent force development of skinned muscle fibre preparations. *J Exp Biol*. 152: 255-264.

Galloway SD, Talanian JL, Shoveller AK, Heigenhauser GJ, Spriet LL (2008). Seven days of oral taurine supplementation does not increase muscle taurine content or alter substrate metabolism during prolonged exercise in humans. *J Appl Physiol* (1985). 105: 643-651.

Gharacholou SM, Ijioma N, Banwart E, Munoz FD (2017). ST-Segment Elevation Myocardial Infarction and Normal Coronary Arteries after Consuming Energy Drinks. *Case Rep Cardiol*. 2017: 1-5.

Ginsberg G, Hattis D, Russ A, Sonawane B (2004). Physiologically based pharmacokinetic (PBPK) modeling of caffeine and theophylline in neonates and adults: implications for assessing children's risks from environmental agents. *J Toxicol Environ Health A*. 67: 297-329.

González W, Altieri PI, Alvarado E, Banchs HL, Colón E, Escobales N, Crespo M (2015). Celiac trunk and branches dissection due to energy drink consumption and heavy resistance exercise: case report and review of literature. *Bol Asoc Med P R*. 107: 38-40.

Görgülü Y, Taşdelen Ö, Sönmez MB, Köse Çınar R (2014). A Case of Acute Psychosis Following Energy Drink Consumption. *Noro Psikiyatr Ars*. 51: 79-81.

Grasser EK, Dulloo AG, Montani JP (2015). Cardiovascular and cerebrovascular effects in response to red bull consumption combined with mental stress. *Am J Cardiol*. 115: 183-189.

Grasser EK, Yepuri G, Dulloo AG, Montani JP (2014). Cardio- and cerebrovascular responses to the energy drink Red Bull in young adults: a randomized cross-over study. *Eur J Nutr*. 53: 1561-1571.

Gray B, Ingles J, Medi C, Driscoll T, Semsarian C (2017). Cardiovascular Effects of Energy Drinks in Familial Long QT Syndrome: A Randomized Cross-Over Study. *Int J Cardiol*. 231: 150-154.

Grosso LM, Triche EW, Belanger K, Benowitz NL, Holford TR, Bracken MB (2006). Caffeine metabolites in umbilical cord blood, cytochrome P-450 1A2 activity, and intrauterine growth restriction. *Am J Epidemiol*. 163: 1035-1041.

Hajsadeghi S, Mohammadpour F, Manteghi MJ, Kordshakeri K, Tokazebani M, Rahmani E, Hassanzadeh M (2016). Effects of energy drinks on blood pressure, heart rate, and electrocardiographic parameters: An experimental study on healthy young adults. *Anatol J Cardiol*. 16: 94-99.

Hanan Israelit S, Strizevsky A, Raviv B (2012). ST elevation myocardial infarction in a young patient after ingestion of caffeinated energy drink and ecstasy. *World J Emerg Med*. 3: 305-307.

Hano T, Kasano M, Tomari H, Iwane N (2009). Taurine suppresses pressor response through the inhibition of sympathetic nerve activity and the improvement in baro-reflex sensitivity of spontaneously hypertensive rats. *Adv Exp Med Biol.* 643: 57-63.

Harb JN, Taylor ZA, Khullar V, Sattari M (2016). Rare cause of acute hepatitis: a common energy drink. *BMJ Case Rep.* 2016: 1-4.

Haverkamp WH, F.; Breithardt, G. (2002). Medikamentenbedingte QT-Verlängerung und Torsade de pointes. *Dtsch Arztebl.* 99: A1972-A1979.

Hernandez-Huerta D, Martin-Larregola M, Gomez-Arnau J, Correas-Lauffer J, Dolengevich-Segal H (2017). Psychopathology Related to Energy Drinks: A Psychosis Case Report. *Case Rep Psychiatry.* 2017: 5094608.

Higgins JP, Yang B, Herrin NE, Yarlagadda S, Le GT, Ortiz BL, Ali A, Infanger SC (2017). Consumption of energy beverage is associated with attenuation of arterial endothelial flow-mediated dilatation. *World J Cardiol.* 9: 162-166.

Ito T, Kimura Y, Uozumi Y, Takai M, Muraoka S, Matsuda T, Ueki K, Yoshiyama M, Ikawa M, Okabe M, Schaffer SW, Fujio Y, Azuma J (2008). Taurine depletion caused by knocking out the taurine transporter gene leads to cardiomyopathy with cardiac atrophy. *J Mol Cell Cardiol.* 44: 927-937.

Ito T, Oishi S, Takai M, Kimura Y, Uozumi Y, Fujio Y, Schaffer SW, Azuma J (2010). Cardiac and skeletal muscle abnormality in taurine transporter-knockout mice. *J Biomed Sci.* 17: 1-5.

Iyadurai SJ, Chung SS (2007). New-onset seizures in adults: possible association with consumption of popular energy drinks. *Epilepsy Behav.* 10: 504-508.

Iyer PS, Yelisetti R, Miriyala V, Siddiqui W, Kaji A (2016). A remarkable case of rhabdomyolysis associated with ingestion of energy drink 'neon volt'. *J Community Hosp Intern Med Perspect.* 6: 32528.

Jonjev ZS, Bala G (2013). High-energy drinks may provoke aortic dissection. *Coll Antropol.* 37 Suppl 2: 227-229.

Juliano LM, Griffiths RR (2004). A critical review of caffeine withdrawal: empirical validation of symptoms and signs, incidence, severity, and associated features. *Psychopharmacology (Berl).* 176: 1-29.

Kaoukis A, Panagopoulou V, Mojibian HR, Jacoby D (2012). Reverse Takotsubo cardiomyopathy associated with the consumption of an energy drink. *Circulation.* 125: 1584-1585.

Kautzner J (2002). QT interval measurements. *Card Electrophysiol Rev.* 6: 273-277.

Klein LJ, van Campen CM, Sieswerda GT, Kamp O, Visser FC (2010). Effects of high-dose insulin infusion on left ventricular function in normal subjects. *Neth Heart J.* 18: 183-189.

Klein LJ, Visser FC (2010). The effect of insulin on the heart : Part 1: Effects on metabolism and function. *Neth Heart J.* 18: 197-201.

Knutti R, Rothweiler H, Schlatter C (1981). Effect of pregnancy on the pharmacokinetics of caffeine. *Eur J Clin Pharmacol.* 21: 121-126.

Kozik TM, Shah S, Bhattacharyya M, Franklin TT, Connolly TF, Chien W, Charos GS, Pelter MM (2016). Cardiovascular responses to energy drinks in a healthy population: The C-energy study. *Am J Emerg Med.* 34: 1205-1209.

Kurtz AM, Leong J, Anand M, Dargush AE, Shah SA (2013). Effects of caffeinated versus decaffeinated energy shots on blood pressure and heart rate in healthy young volunteers. *Pharmacotherapy.* 33: 779-786.

Lam S, McWilliams A, LeRiche J, MacAulay C, Wattenberg L, Szabo E (2006). A phase I study of myo-inositol for lung cancer chemoprevention. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 15: 1526-1531.

Lane SD, Green CE, Schmitz JM, Rathnayaka N, Fang WB, Ferre S, Moeller FG (2014). Comparison of Caffeine and d-amphetamine in Cocaine-Dependent Subjects: Differential Outcomes on Subjective and Cardiovascular Effects, Reward Learning, and Salivary Paraxanthine. *J Addict Res Ther.* 5: 176.

Lazzerini PE, Capecchi PL, Laghi-Pasini F (2015). Long QT Syndrome: An Emerging Role for Inflammation and Immunity. *Front Cardiovasc Med.* 2: 26.

Li P, Mandilaras G, Jakob A, Dalla-Pozza R, Haas NA, Oberhoffer FS (2022). Energy Drinks and Their Acute Effects on Arterial Stiffness in Healthy Children and Teenagers: A Randomized Trial. *J Clin Med.* 11: 1-8.

Majeed F, Yar T, Alsunni A, Alhawaj AF, AlRahim A, Alzaki M (2017). Synergistic effect of energy drinks and overweight/obesity on cardiac autonomic testing using the Valsalva maneuver in university students. *Ann Saudi Med.* 37: 181-188.

Mandilaras G, Li P, Dalla-Pozza R, Haas NA, Oberhoffer FS (2022). Energy Drinks and Their Acute Effects on Heart Rhythm and Electrocardiographic Time Intervals in Healthy Children and Teenagers: A Randomized Trial. *Cells.* 11: 1-10.

Mandilaras G, Li P, Dalla-Pozza R, Jakob A, Haas NA, Oberhoffer FS (2026). Impact of Acute Energy Drink Consumption on Heart Rate Variability in Children and Adolescents. A Randomized Trial. *Pediatr Cardiol.* 47: 332-341.

Mansour B, Amarah W, Nasralla E, Elias N (2019). Energy drinks in children and adolescents: demographic data and immediate effects. *Eur J Pediatr.* 178: 649-656.

Marczinski CA, Stamates AL, Ossege J, Maloney SF, Bardgett ME, Brown CJ (2014). Subjective State, Blood Pressure, and Behavioral Control Changes Produced by an "Energy Shot". *J Caffeine Res.* 4: 57-63.

Maschkowski G (2016). Energydrinks: Motive, Verzehr und Risikowahrnehmung bei Jugendlichen. . Ernährung im Fokus - Online Spezial, <https://www.bzfed.de/inhalt/energydrinks-motive-verzehr-und-risikowahrnehmung-bei-jugendlichen-5536.html>. 3: 1-6.

Mattioli AV, Pennella S, Manenti A, Farinetti A (2016). Energy drink overconsumption can trigger atrial fibrillation. *J Cardiovasc Med (Hagerstown).* 17: 902-904.

McLellan TM, Lieberman HR (2012). Do energy drinks contain active components other than caffeine? *Nutr Rev.* 70: 730-744.

Meltzer H. M. FT, Alexander J., Elind E., Hallström H., Lam H. R., Liukkonen K. H., Petersen M. A., Solbergdottir E. J. (2008). Risk assessment of caffeine among children and adolescents in the Nordic countries. Nordic Working Group on Food Toxicology and Risk Evaluation (<https://www.mast.is/static/files/Uploads/document/Skyrslur/caffeineriskassessmentnordicchildren.pdf>). 1-115.

Menci D, Righini FM, Cameli M, Lisi M, Benincasa S, Focardi M, Mondillo S (2013). Acute effects of an energy drink on myocardial function assessed by conventional echo-Doppler analysis and by speckle tracking echocardiography on young healthy subjects. *J Amino Acids.* 2013: 646703.

Menzel J, Spinka F, Pie MJ, Deichl A, Knüppel S, Ehlers A, Nagl B, Edelmann F, Weikert C (2025). Chronic high consumption of energy drinks and cardiovascular risk in adolescents- results of the EDKAR-study. *Eur J Epidemiol.* 40: 1355-1368.

Miles-Chan JL, Charriere N, Grasser EK, Montani JP, Dulloo AG (2015). The blood pressure-elevating effect of Red Bull energy drink is mimicked by caffeine but through different hemodynamic pathways. *Physiol Rep.* 3: e12290.

Miners JO, Birkett DJ (1996). The use of caffeine as a metabolic probe for human drug metabolizing enzymes. *Gen Pharmacol.* 27: 245-249.

Molitor A, Bitaraf S, Sakka SG (2024). [Successful resuscitation after energy drink consumption in a patient with unknown right ventricular dysplasia]. *Anaesthesiologie.* 73: 837-842.

Mounir K, Mattous M, Atmani M (2015). An unexplained hypokalemia: Consider energy drinks. *Anaesth Crit Care Pain Med.* 34: 303.

Murt A (2025). Energy drink-induced acute kidney injury: a case report and review of the literature. *J Med Case Rep.* 19: 522.

Nagajothi N, Khraisat A, Velazquez-Cecena JL, Arora R, Raghunathan K, Patel R, Parajuli R (2008). Energy drink-related supraventricular tachycardia. *Am J Med.* 121: e3-4.

Nara Y, Yamori Y, Lovenberg W (1978). Effect of dietary taurine on blood pressure in spontaneously hypertensive rats. *Biochem Pharmacol.* 27: 2689-2692.

Nawrot P, Jordan S, Eastwood J, Rotstein J, Hugenholtz A, Feeley M (2003). Effects of caffeine on human health. *Food Addit Contam.* 20: 1-30.

Nieber K. FS, Schmalz A. (2007). Coffein - Genussmittel und Arzneistoff (<https://www.pharmazeutische-zeitung.de/ausgabe-042007/genussmittel-und-arzneistoff/>). Pharmazeutische Zeitung online. Ausgabe 04/2007.

NIH (2024). High Blood Pressure. What Is High Blood Pressure? <https://www.nhlbi.nih.gov/health/high-blood-pressure>.

Oberhoffer FS, Bienenstein E, Li P, Jakob A, Hermann M, Dalla-Pozza R, Haas NA, Mandilaras G (2023a). Energydrinks und ihre Auswirkungen auf die Herz-Kreislauf-Funktion bei Kindern und Jugendlichen. *Monatsschr Kinderheilk.* 174: 131-135.

Oberhoffer FS, Dalla-Pozza R, Jakob A, Haas NA, Mandilaras G, Li P (2023b). Energy drinks: effects on pediatric 24-h ambulatory blood pressure monitoring. A randomized trial. *Pediatr Res.* 94: 1172-1179.

Oberhoffer FS, Li P, Jakob A, Dalla-Pozza R, Haas NA, Mandilaras G (2022a). Energy Drinks Decrease Left Ventricular Efficiency in Healthy Children and Teenagers: A Randomized Trial. *Sensors.* 22: 1-13.

Oberhoffer FS, Li P, Jakob A, Dalla-Pozza R, Haas NA, Mandilaras G (2022b). Energy Drinks: Effects on Blood Pressure and Heart Rate in Children and Teenagers. A Randomized Trial. *Front Cardiovasc Med.* 9: 862041.

Palatnik A, Frolov K, Fux M, Benjamin J (2001). Double-blind, controlled, crossover trial of inositol versus fluvoxamine for the treatment of panic disorder. *J Clin Psychopharmacol.* 21: 335-339.

Pansani MC, Azevedo PS, Rafacho BP, Minicucci MF, Chiuso-Minicucci F, Zorzella-Pezavento SG, Marchini JS, Padovan GJ, Fernandes AA, Matsubara BB, Matsubara LS, Zornoff LA, Paiva SA (2012). Atrophic cardiac remodeling induced by taurine deficiency in Wistar rats. *PLoS One.* 7: e41439.

Peake ST, Mehta PA, Dubrey SW (2007). Atrial fibrillation-related cardiomyopathy: a case report. *J Med Case Rep.* 1: 111.

Pearl PL, Schreiber J, Theodore WH, McCarter R, Barrios ES, Yu J, Wiggs E, He J, Gibson KM (2014). Taurine trial in succinic semialdehyde dehydrogenase deficiency and elevated CNS GABA. *Neurology.* 82: 940-944.

Phan JK, Shah SA (2014). Effect of caffeinated versus noncaffeinated energy drinks on central blood pressures. *Pharmacotherapy.* 34: 555-560.

Polat N, Ardiç I, Akkoyun M, Vuruşkan E (2013). Spontaneous coronary artery dissection in a healthy adolescent following consumption of caffeinated "energy drinks". *Turk Kardiyol Dern Ars.* 41: 738-742.

Ragsdale FR, Gronli TD, Batool N, Haight N, Mehaffey A, McMahon EC, Nalli TW, Mannello CM, Sell CJ, McCann PJ, Kastello GM, Hooks T, Wilson T (2010). Effect of Red Bull energy drink on cardiovascular and renal function. *Amino Acids.* 38: 1193-1200.

Randhawa N, Shah M, Spyrtos T (2022). The Pain of Staying Alert: A Case Report and Literature Review on Energy Drink-Induced Acute Pancreatitis. *J Investig Med High Impact Case Rep.* 10: 1-4.

Rashti SL, Ratamess NA, Kang J, Faigenbaum AD, Chilakos A, Hoffman JR (2009). Thermogenic effect of meltdown RTD energy drink in young healthy women: a double blind, cross-over design study. *Lipids Health Dis.* 8: 57.

Raven PB, Chapleau MW (2014). Blood pressure regulation XI: overview and future research directions. *Eur J Appl Physiol.* 114: 579-586.

Rietveld EC, Broekman MM, Houben JJ, Eskes TK, van Rossum JM (1984). Rapid onset of an increase in caffeine residence time in young women due to oral contraceptive steroids. *Eur J Clin Pharmacol.* 26: 371-373.

Riksen NP, Rongen GA, Smits P (2009). Acute and long-term cardiovascular effects of coffee: implications for coronary heart disease. *Pharmacol Ther.* 121: 185-191.

RKI (2019). Koffeinzufuhr bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland - Ergebnisse aus EsKiMo II - Franziska Lehmann, Marjolein Haftenberger, Clarissa Lage Barbosa, Anna-Kristin Brettscheider, Katerina Vesela, Gert B.M. Mensink
(https://service.ble.de/ptdb/index2.php?detail_id=47145&site_key=145&zeilenzahl_zae_hler=593&NextRow=220).

Rottlaender D, Motloch LJ, Reda S, Larbig R, Hoppe UC (2012). Cardiac arrest due to long QT syndrome associated with excessive consumption of energy drinks. *Int J Cardiol.* 158: e51-52.

Rutledge M, Witthed A, Khouzam RN (2012). It took a RedBull to unmask Brugada syndrome. *Int J Cardiol.* 161: e14-15.

Sammito S, Thielmann B, Klusmann A, Deußen A, Braumann KM, Böckelmann I (2024). Guideline for the application of heart rate and heart rate variability in occupational medicine and occupational health science. *J Occup Med Toxicol.* 19: 15.

Sato Y, Ando K, Fujita T (1987). Role of sympathetic nervous system in hypotensive action of taurine in DOCA-salt rats. *Hypertension.* 9: 81-87.

SCF (2003). Additional information on "energy drinks
(https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/sci-com_scf_out169_en.pdf: European Commission).

Schaffer SW, Jong CJ, Ramila KC, Azuma J (2010). Physiological roles of taurine in heart and muscle. *J Biomed Sci.* 17: S2.

Schöffl I, Kothmann JF, Schöffl V, Rupprecht HD, Rupprecht T (2011). "Vodka energy": too much for the adolescent nephron? *Pediatrics.* 128: e227-231.

Scott MJ, El-Hassan M, Khan AA (2011). Myocardial infarction in a young adult following the consumption of a caffeinated energy drink. *BMJ Case Rep.* 2011.

Shah SA, Chu BW, Lacey CS, Riddock IC, Lee M, Dargush AE (2016a). Impact of Acute Energy Drink Consumption on Blood Pressure Parameters: A Meta-analysis. *Ann Pharmacother.* 50: 808-815.

Shah SA, Dargush AE, Potts V, Lee M, Millard-Hasting BM, Williams B, Lacey CS (2016b). Effects of Single and Multiple Energy Shots on Blood Pressure and Electrocardiographic Parameters. *Am J Cardiol.* 117: 465-468.

Shah SA, Occiano A, Nguyen TA, Chan A, Sky JC, Bhattacharyya M, O'Dell KM, Shek A, Nguyen NN (2016c). Electrocardiographic and blood pressure effects of energy drinks and Panax ginseng in healthy volunteers: A randomized clinical trial. *Int J Cardiol.* 218: 318-323.

Sinning DL (2009). Dissertation: Tissue Doppler Imaging, Strain Rate und Strain bei Patienten mit Herzinsuffizienzsymptomen trotz normaler Ejektionsfraktion – Diastolische und systolische Funktion gemessen mittels Konduktanzkathetermethode und Echokardiographie. https://refubium.fu-berlin.de/bitstream/handle/fub188/6638/Dissertation_Sinning_elektronisch.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Dissertation http://www.diss.fu-berlin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS_derivate_000000004930/Dissertation_Sinning_elektronisch.pdf.

Sirdah MM, El-Agouza IM, Abu Shahla AN (2002). Possible ameliorative effect of taurine in the treatment of iron-deficiency anaemia in female university students of Gaza, Palestine. *Eur J Haematol.* 69: 236-242.

Solomin D, Borron SW, Watts SH (2015). STEMI Associated with Overuse of Energy Drinks. *Case Rep Emerg Med.* 2015: 537689.

Staikoglou N, Polanagnostaki A, Lamprou V, Chartampilas E, Pavlou E, Tegos T, Finitis S (2022). Posterior cerebral artery dissection after excessive caffeine consumption in a teenager. *Radiol Case Rep.* 17: 2081-2084.

Steele DS, Smith GL, Miller DJ (1990). The effects of taurine on Ca²⁺ uptake by the sarcoplasmic reticulum and Ca²⁺ sensitivity of chemically skinned rat heart. *J Physiol.* 422: 499-511.

Steinke L, Lanfear DE, Dhanapal V, Kalus JS (2009). Effect of "energy drink" consumption on hemodynamic and electrocardiographic parameters in healthy young adults. *Ann Pharmacother.* 43: 596-602.

Stoschitzky K (2011). Blutdruck und Herzfrequenz Kreuzprodukt als Risikofaktor. *Druckpunkt Das Magazin für Prävention und Behandlung des Bluthochdrucks und seiner Folgen.* 2: 10-11.

Sun Q, Wang B, Li Y, Sun F, Li P, Xia W, Zhou X, Li Q, Wang X, Chen J, Zeng X, Zhao Z, He H, Liu D, Zhu Z (2016). Taurine Supplementation Lowers Blood Pressure and Improves Vascular Function in Prehypertension: Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Study. *Hypertension.* 67: 541-549.

Svatikova A, Covassin N, Somers KR, Somers KV, Soucek F, Kara T, Bukartyk J (2015). A Randomized Trial of Cardiovascular Responses to Energy Drink Consumption in Healthy Adults. *JAMA.* 314: 2079-2082.

Szpak A, Allen D (2012). A case of acute suicidality following excessive caffeine intake. *J Psychopharmacol.* 26: 1502-1510.

Tamura S, Tsutsumi S, Ito H, Nakai K, Masuda M (1968). Effects of glucuronolactone and the other carbohydrates on the biochemical changes produced in the living body of rats by hard exercise. *Jpn J Pharmacol.* 18: 30-38.

Terlizzi R, Rocchi C, Serra M, Solieri L, Cortelli P (2008). Reversible postural tachycardia syndrome due to inadvertent overuse of Red Bull. *Clin Auton Res.* 18: 221-223.

Thomas SH, Behr ER (2016). Pharmacological treatment of acquired QT prolongation and torsades de pointes. *Br J Clin Pharmacol.* 81: 420-427.

Trabulo D, Marques S, Pedroso E (2011). Caffeinated energy drink intoxication. BMJ Case Rep. 2011.

Trachtman H, Del Pizzo R, Rao P, Rujikarn N, Sturman JA (1989). Taurine lowers blood pressure in the spontaneously hypertensive rat by a catecholamine independent mechanism. Am J Hypertens. 2: 909-912.

Vincent JL (2008). Understanding cardiac output. Crit Care. 12: 174.

VKM (2015a). Risk Assessment of "other substances" - Taurine (<https://vkm.no/download/18.5387be10161937390293e0f/1518616535578/Risk%20assessment%20of%20other%20substances%20%E2%80%93%20Taurine.pdf>). VKM Report. 22.

VKM (2015b). Risk Assessment of "other substances" Inositol (<https://vkm.no/download/18.645b840415d03a2fe8f260ae/1502803918452/1a9e1c19f7.pdf>). VKM Report. 23.

Weathersbee PS, Lodge JR (1977). Caffeine: its direct and indirect influence on reproduction. J Reprod Med. 19: 55-63.

Wikoff D, Welsh BT, Henderson R, Brorby GP, Britt J, Myers E, Goldberger J, Lieberman HR, O'Brien C, Peck J, Tenenbein M, Weaver C, Harvey S, Urban J, Doepker C (2017). Systematic review of the potential adverse effects of caffeine consumption in healthy adults, pregnant women, adolescents, and children. Food Chem Toxicol. 109: 585-648.

Yap YG, Camm AJ (2003). Drug induced QT prolongation and torsades de pointes. Heart. 89: 1363-1372.

Zucconi S, Volpato C, Adinolfi F, Gandini E, Gentile E, Loi A, Fioriti L (2013). Gathering consumption data on specific consumer groups of energy drinks - NOMISMA-ARETE Consortium. EFSA Supporting Publications. EN-394, <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/sp.efsa.2013.EN-394>.

Über das BfR

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) ist eine wissenschaftlich unabhängige Einrichtung im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat (BMLEH). Es schützt die Gesundheit der Menschen präventiv in den Tätigkeitsbereichen Public Health und Veterinary Public Health. Das BfR berät die Bundesregierung und die Bundesländer zu Fragen der Lebens- und Futtermittel-, Chemikalien- und Produktsicherheit. Das BfR betreibt eigene Forschung zu Themen, die in engem Zusammenhang mit seinen Bewertungsaufgaben stehen.

Impressum

Herausgeber:

Bundesinstitut für Risikobewertung

Max-Dohrn-Straße 8-10

10589 Berlin

T +49 30 18412-0

F +49 30 18412-99099

bfr@bfr.bund.de

bfr.bund.de

Anstalt des öffentlichen Rechts

Vertreten durch den Präsidenten Professor Dr. Dr. Dr. h. c. Andreas Hensel

Aufsichtsbehörde: Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat

USt-IdNr: DE 165 893 448

V.i.S.d.P: Dr. Suzan Fiack



gültig für Texte, die vom BfR erstellt wurden

Bilder/Fotos/Grafiken sind ausgenommen, wenn nicht anders gekennzeichnet

BfR | Risiken erkennen –
Gesundheit schützen