



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Fakultät Life Science
Department Ökotrophologie

Assoziation von Nahrungsergänzungsmittelgebrauch
und gastrointestinalen Beschwerden im Leistungssport:
Eine empirische Untersuchung.

Zur Erlangung des Akademischen Grades
BACHELOR OF SCIENCE

Vorgelegt von:	Lara-Joline Lamp [REDACTED] [REDACTED]
Matrikelnummer:	[REDACTED]
Studiengang:	Ökotrophologie, 7. Semester
Erstgutachterin:	Prof. Dr. Anja Carlsohn
Zweitgutachter:	Tim Hänisch
Vorgelegt am:	23.03.2026

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Frau Dr. Carlsohn und Herrn Hänisch für ihre wertvolle Unterstützung im Rahmen meiner Bachelorarbeit.

Ich möchte mich ausdrücklich dafür bedanken, dass sie mir im Kontext des Nutr-e-Screen Projektes die relevanten Daten zur Verfügung gestellt und mich mit ihrem fachlichen Rat begleitet haben.

Für ihre wertvolle Zeit und ihr Engagement möchte ich mich an dieser Stelle herzlich bedanken.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis	V
Zusammenfassung	1
Abstract	2
1. Einführung	3
1.1 Hintergrund, Problemstellung und Relevanz	3
1.2 Zielsetzung der Arbeit	4
1.3 Hypothesen	5
2. Theoretische Grundlagen	6
2.1 Gastrointestinale Beschwerden im Sport	6
2.2 Erklärungsmodell und Determinanten belastungsassoziierter gastrointestinaler Beschwerden	7
2.2.1 Physiologische Determinanten: splanische Hypoperfusion, intestinale Integrität und Barrierefunktion	7
2.2.2 Mechanische Determinanten: Impact- und positionsbezogene Belastung	8
2.2.3 Individuelle Prädispositionen und klinische Relevanz	8
2.2.4 Konsequenz für Forschung und Praxis: Interaktion von Stressoren und Relevanz von Ernährungsstrategien	9
2.3 Nahrungsergänzungsmittel im Sport	9
2.3.1 Definition von Nahrungsergänzungsmitteln	9
2.3.2 Einsatz und Nutzung von Nahrungsergänzungsmitteln	10
2.3.3 Nahrungsergänzungsmittel als potenzieller Einflussfaktor für gastrointestinale Beschwerden	11
2.4 Ernährungsbezogene Faktoren im Zusammenhang mit gastrointestinaler Beschwerden im Sport	12
2.4.1 Präbelastungsnahe Ernährung: Timing, Umfang und Magenentleerung	12
2.4.2 Makronährstoffzusammensetzung vor der Belastung: Kohlenhydrate, Fette, Ballaststoffe und Proteine	12
2.4.3 Kohlenhydratzufuhr während der Belastung: Menge, Konzentration und Verträglichkeit	13
2.4.4 Flüssigkeitszufuhr, Dehydration, Osmolarität und Hitze	14
2.4.5 Fermentierbare Kohlenhydrate, FODMAPs und individuelle Unverträglichkeiten	14
2.4.6 „Gut Training“ und Anpassung der gastrointestinalen Toleranz	15
3. Methode	15
3.1 Studiendesign	15
3.2 Vorgehen der Literatursichtung	15
3.3 Datengrundlage und Ethik	16
3.4 Stichprobe, Datenbereinigung und Variablenaufbereitung	17

3.5 Statistische Auswertung	18
4. Ergebnisse	19
4.1 Stichprobenbeschreibung	19
4.2 Outcomes: Prävalenz und Symptomlast.....	23
4.2.1 GI-Beschwerden in den letzten 12 Monaten	23
4.2.2 Symptomlast in den vier Trainingswochen	23
4.3 Hypothese H1: Gesamtnutzung von Nahrungsergänzungsmitteln und GI-Beschwerden.....	24
4.3.1 Unadjustierte Analysen	24
4.3.2 Adjustierte Analysen	26
4.4 Hypothesen H2/H3: Produktgruppen-spezifische Zusammenhänge.....	27
4.4.1 Unadjustierte Assoziationen nach Produktgruppen.....	27
4.4.2 Adjustierte Assoziationen nach Produktgruppen	28
4.5 Hypothese H4: Moderation durch Belastungsprofil.....	31
4.5.1 Stratifizierte Assoziationen nach Belastungsprofil (GI- Beschwerden 12 Monate).....	31
4.5.2 Stratifizierte Ergebnisse für Symptomtage (4 Wochen) nach Belastungsprofil.....	31
4.6 Hypothese H5: Moderation durch Trainingsphase.....	32
4.6.1 Stratifizierte Analysen nach Trainingsphase (GI-Beschwerden 12 Monate)	32
4.6.2 Stratifizierte Ergebnisse für ≥ 1 Symptomtag (4 Wochen) nach Trainingsphase	33
4.6.3 Multivariates Modell unter Einbezug der Trainingsphase (GI-Beschwerden 12M)	34
5. Diskussion	34
5.1 Methodendiskussion.....	34
5.2 Einordnung der Ergebnisse im Kontext des Forschungsstands.....	36
5.2.1 Prävalenz und Ausprägung gastrointestinaler Beschwerden.....	36
5.2.2 Gesamtnutzung von NEM und GI-Outcome (H1)	36
5.2.3 Produktspezifische Zusammenhänge (H2/H3).....	37
5.2.4 Belastungsprofil und Trainingsphase als Kontextfaktoren (H4/H5)	38
5.3 Forschungsdesign und Literaturbasis	39
5.4 Praktische Implikationen.....	39
5.5 Limitationen und methodische Konsequenzen für zukünftige Studien.....	40
6. Fazit.....	41
Literaturverzeichnis.....	42
Anhang	47
Eidesstattliche Erklärung.....	55

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Belastungsprofil-Verteilung der Stichprobe	20
Abbildung 2: Verteilung der Trainingsphasen.....	20
Abbildung 3: NEM-Nutzung in der Stichprobe	21
Abbildung 4: Prävalenz von GI-Beschwerden in den letzten 12 Monaten	23
Abbildung 5: Verteilung der Symptomtage (Summe, letzte 4 Wochen)	23
Abbildung 6: Balkenplot ≥ 1 Symptomtag 4W.....	24
Abbildung 7: GI-Beschwerden (12 Monate) nach NEM-Nutzung	25
Abbildung 8: Effektgrößen (OR/IRR).....	27
Abbildung 9: Nutzungshäufigkeit nach Produktkategorie	27
Abbildung 10: Produktkategorien: adjustierte OR (Alter, Geschlecht) - > 1 Symptomtag 4W	28
Abbildung 11: Produktkategorien: adjustierte OR (Alter, Geschlecht) - GI 12M.....	29
Abbildung 12: Prävalenz ≥ 1 Symptomtag (4 Wochen) nach NEM-Nutzung und Belastungsprofil	31
Abbildung 13: OR (NEM $\rightarrow \geq 1$ Symptomtag) nach Belastungsprofil (Forest Plot)	32
Abbildung 14: Prävalenz ≥ 1 Symptomtag nach Trainingsphase.....	33
Abbildung 15: Forest Plot OR ≥ 1 Symptomtag nach Trainingsphase	33

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Basischarakteristika der Stichprobe	22
Tabelle 2: Deskriptive Kennwerte der Outcome-Variablen.....	24
Tabelle 3: Unadjustierte Zusammenhänge der Gesamtnutzung mit dichotomen Outcomes (H1) ...	25
Tabelle 4: Unadjustierte Gruppenvergleiche der Symptomtage (H1)	26
Tabelle 5: Adjustierte Modelle (H1).....	26
Tabelle 6: Adjustierte Assoziationen nach Produktgruppen (Adjustierung für Alter und Geschlecht)	30
Tabelle 7: Stratifizierte Odds Ratios für GI-Beschwerden (12 Monate) nach Belastungsprofil	31
Tabelle 8: Stratifizierte Odds Ratios für GI-Beschwerden (12 Monate) nach Trainingsphase	32

Abkürzungsverzeichnis

ANOVA	Analysis of Variance (Varianzanalyse)
CI	Confidence Interval (Konfidenzintervall)
EIGS	Exercise-induced Gastrointestinal Syndrome
Ex-GIS	Exercise-associated Gastrointestinal Symptoms
FODMAP	Fermentable Oligo-, Di-, Monosaccharides and Polyols
GI	Gastrointestinal
IBS	Irritable Bowel Syndrome (Reizdarmsyndrom)
IOC	International Olympic Committee
IRR	Incidence Rate Ratio
KI	Konfidenzintervall
MW	Mittelwert
NEM	Nahrungsergänzungsmittel
OR	Odds Ratio
PRISMA	Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses
SD	Standard Deviation (Standardabweichung)
UV	Unabhängige Variable

Zusammenfassung

Hintergrund: Gastrointestinale (GI) Beschwerden sind im Leistungssport häufig und können Training, Regeneration und Leistungsfähigkeit beeinträchtigen. Ernährungsstrategien sind für die Leistungsunterstützung zentral, werden jedoch in der Praxis oft durch eingeschränkte GI-Toleranz begrenzt. Gleichzeitig ist der Einsatz von Nahrungsergänzungsmitteln (NEM) und Sporternährungsprodukten (im Folgenden zusammengefasst als NEM) im Trainings- und Wettkampfalltag weit verbreitet. Viele Produkte werden belastungsnah konsumiert (z. B. Kohlenhydratpräparate, Gels) und können abhängig von Dosis, Osmolarität, Zusammensetzung und Timing mit GI-Symptomen in Zusammenhang stehen.

Ziel: Untersuchung, ob NEM-Nutzung mit GI-Beschwerden assoziiert ist und ob sich Zusammenhänge nach Produktgruppe sowie nach Belastungsprofil/Trainingsphase unterscheiden.

Methodik: Grundlage war eine Sekundäranalyse des Nutr-e-Screen-Screenings mit 296 Kaderathlet*innen (75 % männlich; $18,0 \pm 4,3$ Jahre), in dem ein standardisierter Fragebogen zur Erfassung ernährungs-, trainings- und GI-bezogener Angaben verwendet wurde. Erfasst wurden GI-Beschwerden im 12-Monats-Rückblick, mindestens ein Symptomtag in den letzten vier Trainingswochen sowie die Anzahl der Symptomtage. Die statistische Auswertung umfasste Kontingenztests, logistische Regressionen und negative Binomialregressionen.

Ergebnisse: 29,4 % der Athlet*innen berichteten GI-Beschwerden in den letzten 12 Monaten, 20,9 % mindestens einen Symptomtag in den letzten vier Trainingswochen. Die Gesamtnutzung von NEM war sowohl mit GI-Beschwerden im 12-Monats-Rückblick (OR 2,46; $p = 0,008$) als auch mit mindestens einem Symptomtag (OR 2,96; $p = 0,008$) signifikant assoziiert. Besonders starke Assoziationen zeigten sich für Kohlenhydratprodukte und isotonische Getränke.

Diskussion/Schlussfolgerung: Die Ergebnisse sind mit dem bisherigen Forschungsstand vereinbar, lassen aufgrund von Erhebungsgrenzen, Bias-Risiken und begrenzter Differenzierung der NEM keine uneingeschränkte Generalisierung zu. Erforderlich sind präzisere Studiendesigns mit detaillierter Erfassung produktspezifischer Merkmale und relevanter Kontextfaktoren.

Abstract

Background: Gastrointestinal (GI) symptoms are common in competitive sport and can impair training, recovery, and performance. Nutritional strategies are central to performance support, but are often limited by reduced GI tolerance. At the same time, dietary supplements and sports nutrition products (hereafter collectively referred to as dietary supplements) are widely used in training and competition. Many are consumed close to exercise and may be associated with GI symptoms depending on dose, composition, osmolarity, and timing.

Objective: To investigate whether dietary supplement use is associated with GI symptoms and whether associations differ by product group and exercise profile/training phase.

Methods: This secondary analysis used data from the Nutr-e-Screen survey of 296 elite athletes (75% male; 18.0 ± 4.3 years). A standardized questionnaire assessed diet, training, and GI symptoms. Analyses included contingency tests, logistic regressions, and negative binomial regressions.

Results: Overall, 29.4% of athletes reported GI symptoms during the previous 12 months, and 20.9% reported at least one symptom day in the last four weeks of training. Overall dietary supplement use was significantly associated with GI symptoms in the 12-month period (OR 2.46; $p = 0.008$) and with at least one symptom day (OR 2.96; $p = 0.008$). Particularly strong associations were observed for carbohydrate products and isotonic drinks.

Conclusion: Findings are consistent with current research, but survey limitations, bias risk, and limited differentiation of dietary supplements restrict generalizability. Future studies should assess product-specific characteristics and contextual factors in greater detail.

1. Einführung

1.1 Hintergrund, Problemstellung und Relevanz

Gastrointestinale Beschwerden (GI-Beschwerden) stellen im Leistungs- und Wettkampfsport ein häufiges, praxisrelevantes Problem dar, das Athlet*innen nicht nur subjektiv belastet, sondern auch Training, Regeneration und Leistungsfähigkeit unmittelbar beeinflussen kann (de Oliveira et al., 2014). Vor diesem Hintergrund werden im Folgenden die Problemstellung und Relevanz belastungsassoziiierter GI-Beschwerden eingeordnet und der spezifische Bezug zu ernährungsbezogenen Einflussfaktoren – insbesondere dem Einsatz von Nahrungsergänzungsmitteln (NEM) – hergeleitet. In der vorliegenden Arbeit wird der Begriff „NEM“ im Sinne des verwendeten Datensatzes als Sammelbegriff für Supplemente und Sporternährungsprodukte (z. B. Vitamin-/Mineralpräparate, Proteinprodukte sowie kohlenhydratbasierte Produkte wie Sportdrinks, Gels und Riegel) verwendet.

Wie bereits aufgegriffen gehören GI-Beschwerden zu den häufigsten belastungsassoziierten Problemen im Ausdauer- und Wettkampfsport. Die berichtete Prävalenz variiert stark in Abhängigkeit von Sportart, Intensität sowie Messinstrument und Zeitpunkt (Training vs. Wettkampf): In Reviews werden während der Belastung Werte von 30 bis 90% beschrieben (de Oliveira et al., 2014; Parnell et al., 2020; Wardenaar et al., 2023). Für Elite-Ausdauerathlet*innen werden in der Literatur Prävalenzen bis etwa 70% berichtet, wobei die Höhe stark vom Setting (Training/Wettkampf) und der Symptomdefinition abhängt (de Oliveira et al., 2014).

Die Relevanz ergibt sich nicht allein aus der Häufigkeit, sondern aus den potenziellen Konsequenzen für Gesundheit und Performance. Wiederkehrende oder ausgeprägte Symptome können die Trainings- und Wettkampffähigkeit unmittelbar beeinträchtigen, etwa durch reduzierte Energie- und Flüssigkeitsaufnahme, abgebrochene Einheiten und Leistungsabfall (Costa et al., 2017; de Oliveira et al., 2014).

Zur Erklärung belastungsassoziiierter GI-Beschwerden werden in der sporternährungswissenschaftlichen Literatur wiederholt drei Ursachencluster beschrieben: physiologische, mechanische und ernährungsbezogene Faktoren (Costa et al., 2017; de Oliveira et al., 2014). Ein integratives Erklärungsmodell stellt das „exercise-induced gastrointestinal syndrome“ (EIGS) dar, bei dem insbesondere splanchnische Hypoperfusion und ein erhöhter Sympathikotonus als primäre Treiber gelten und sekundär u. a. epitheliale Schädigung, eine erhöhte intestinale Permeabilität sowie endotoxämische/zytokinämische und entzündungsassoziierte Stressreaktionen begünstigen können. Damit einhergehend kann auch die gastrointestinale Funktion (z. B. Transit, Verdauung, Absorption) eingeschränkt sein (Costa et al., 2019; de Oliveira et al., 2014).

Trotz der sportpraktischen Bedeutung werden GI-Beschwerden im Athlet*innenalltag nicht immer offen adressiert. Als Barriere wird u.a. die als unangenehm empfundene Thematik berichtet, was

Kommunikation sowie die Inanspruchnahme von Unterstützung erschweren kann (Jamieson et al., 2025).

Ernährungsbezogene Trigger sind dabei besonders praxisrelevant, weil Athlet*innen im Training und Wettkampf gezielt NEM zur Leistungsunterstützung einsetzen (z. B. Kohlenhydratgetränke/-gels, isotonische Getränke, Proteinprodukte). Eine systematische Übersichtsarbeit mit Meta-Analyse zeigt eine Gesamtprävalenz von ca. 60% für die Einnahme „irgendeines“ Supplements. Außerdem nennen sie Vitamin-/Mineralpräparate, Multivitamin-/Multimineralpräparate, Protein sowie Sportdrinks und Sportriegel als häufig genutzte Kategorien (Knapik et al., 2016).

Insbesondere bei einzelnen ergogenen Substanzen wie Koffein, Bicarbonat oder Magnesium können wirksame Dosierungen im Grenzbereich der Verträglichkeit liegen und dadurch GI-Distress sowie eine eingeschränkte praktische Anwendbarkeit begünstigen. Entsprechende Inhaltsstoffe sind je nach Produktkontext unter anderem in Koffeinpräparaten, Pre-Workout-Formulierungen sowie Elektrolyt- und Mineralstoffpräparaten enthalten (Durkalec-Michalski et al., 2018; Ostojic & Ahmetovic, 2008; Wardenaar et al., 2023).

Am konsistentesten ist die Evidenz für kohlenhydratbasierte Sportlerprodukte, da diese häufig während der Belastung eingesetzt werden und hohe Zufuhrmengen bzw. Konzentrationen mit einer erhöhten Symptomlast in Verbindung stehen. Dosierung, Timing und Produktmatrix gelten daher als zentrale Einflussfaktoren (A. E. Jeukendrup, 2010; Rowe et al., 2022; Wilson, 2015). Für Proteinprodukte ist die Datenlage heterogener, u. a. aufgrund variierender Zusammensetzungen und der häufigen Erfassung von GI-Symptomen als Nebenendpunkt, wobei Beobachtungsdaten erhöhte Symptom-Scores bei Nutzer*innen nahelegen (Moreno-Pérez et al., 2018; Ulluwishewa et al., 2024; Wardenaar et al., 2023).

Trotz der hohen Supplementprävalenz im Leistungssport (Knapik et al., 2016) ist die Evidenz zu gastrointestinalen Beschwerden im Kontext der Supplementnutzung bislang nur begrenzt praxisnah. Ein Großteil der verfügbaren Studien untersucht einzelne Produkte oder Ernährungsstrategien unter akut-experimentellen Bedingungen, häufig in ausdauerorientierten Labor- oder Wettkampfsettings (Rowe et al., 2022; Wilson, 2015). Demgegenüber liegen vergleichsweise wenige Daten vor, die habituelle Nutzungsmuster, Symptomtage im Trainingsalltag und sportartspezifische beziehungsweise belastungsprofilabhängige Unterschiede gemeinsam abbilden. An dieser Schnittstelle setzt die vorliegende Arbeit an.

1.2 Zielsetzung der Arbeit

Vor diesem Hintergrund nutzt die vorliegende Bachelorarbeit Daten aus dem Nutr-e-Screen-Projekt, um den Zusammenhang zwischen der Nutzung von NEM und GI-Beschwerden im Trainingsalltag

von Kaderathlet*innen empirisch zu analysieren. Ziel ist es, zu prüfen, ob Athlet*innen mit Supplementnutzung im Vergleich zu Athlet*innen ohne Nutzung (a) häufiger über GI-Beschwerden berichten und (b) eine höhere aktuelle Symptomlast aufweisen, operationalisiert über Symptomtage innerhalb der letzten vier Trainingswochen sowie über Beschwerden im 12-Monats-Rückblick.

Darüber hinaus wird geprüft, ob sich die beobachteten Zusammenhänge je nach konsumierter Produktgruppe unterscheiden. Im Fokus stehen dabei insbesondere kohlenhydratbasierte Sportlerprodukte (z. B. Kohlenhydratpräparate, isotonische Getränke, Gels/Riegel) sowie Proteinprodukte, da diese im Leistungssport regelmäßig eingesetzt werden. Vor allem kohlenhydratbasierte Produkte werden im Belastungskontext in der Literatur wiederholt mit gastrointestinalen Symptomen in Zusammenhang gebracht (de Oliveira et al., 2014, 2014). Ergänzend wird untersucht, ob sportart- bzw. belastungsprofilabhängige Unterschiede die beobachteten Assoziationen beeinflussen und damit Hinweise auf potenzielle Moderatoreffekte im Leistungssportkontext liefern.

Aus der Zielsetzung ergeben sich folgende Forschungsfragen:

- (1) Unterscheiden sich Athlet*innen mit und ohne NEM-Nutzung hinsichtlich (a) der Prävalenz GI-Beschwerden (12-Monats-Rückblick) und (b) der Symptomlast (Symptomtage in den letzten vier Trainingswochen)?
- (2) Unterscheiden sich die Zusammenhänge zwischen NEM-Nutzung und GI-Beschwerden in Abhängigkeit von der Produktgruppe (z. B. kohlenhydratbasierte Produkte, Proteinprodukte, Vitamin-/Mineralstoffpräparate)?
- (3) Variieren die Zusammenhänge in Abhängigkeit von Belastungsprofil und der Trainingsphase?

1.3 Hypothesen

Aus den genannten Forschungsfragen und dem in Abschnitt 1.1 dargestellten Forschungsstand werden für die vorliegende empirische Untersuchung folgende Hypothesen abgeleitet:

H1 (Gesamtnutzung und Symptomlast):

Athlet*innen, die NEM nutzen, berichten (a) häufiger GI-Beschwerden im 12-Monats-Rückblick und/oder (b) eine höhere aktuelle Symptomlast (≥ 1 Symptomtag bzw. mehr Symptomtage in den letzten vier Trainingswochen) als Athlet*innen ohne Nutzung.

H2 (Produktgruppen-spezifische Assoziationen):

Die Nutzung kohlenhydratbasierter Sportlerprodukte (z. B. Kohlenhydratpräparate, isotonische Getränke, Gels/Riegel) ist stärker mit GI-Beschwerden (12-Monats-Prävalenz und 4-Wochen-Symptomtage) assoziiert als die Nutzung von Vitamin-/Mineralstoffpräparaten.

H3 (Proteinprodukte):

Die Nutzung von Proteinprodukten ist mit GI-Beschwerden assoziiert; die Assoziationsstärke ist im Vergleich zu kohlenhydratbasierten Produkten geringer und heterogener.

H4 (Belastungsprofil als Moderator): nicht-direktional

Der Zusammenhang zwischen Nutzung und GI-Outcomes unterscheidet sich nach Sportart bzw. Belastungsprofil.

H5 (Belastungskontext/Trainingsphase als Moderator): nicht-direktional

Der Zusammenhang zwischen Nutzung und GI-Outcomes unterscheidet sich nach Belastungskontext/Trainingsphase.

2. Theoretische Grundlagen

2.1 Gastrointestinale Beschwerden im Sport

GI-Beschwerden treten im Zusammenhang mit körperlicher Belastung häufig auf und werden in der sportwissenschaftlichen Literatur als exercise-associated gastrointestinal symptoms (Ex-GIS) bzw. im pathophysiologischen Kontext als exercise-induced gastrointestinal syndrome (EIGS) diskutiert. Ex-GIS umfassen dabei symptombasierte Beschwerdebilder, die während oder nach Training und Wettkampf auftreten können, ohne dass damit zwangsläufig eine klinische Diagnose verbunden ist (Costa et al., 2017; ter Steege & Kolkman, 2012).

Zur systematischen Beschreibung werden Beschwerden häufig in obere und untere GI-Symptome unterteilt. Obere GI-Symptome umfassen typischerweise Übelkeit, Aufstoßen/Regurgitation, Sodbrennen/Reflux sowie Völlegefühl oder epigastrische Beschwerden. Untere GI-Symptome beinhalten u. a. abdominelle Krämpfe/Schmerzen, Blähungen/Flatulenzen, Stuhldrang und Diarrhö (in einzelnen Settings auch rektale Blutungen). Diese Kategorisierung erleichtert die standardisierte Erfassung typischer Symptomcluster im Sportkontext (de Oliveira et al., 2014; Ribichini et al., 2023).

Die Häufigkeit und Ausprägung von GI-Beschwerden variiert stark in Abhängigkeit von Sportart/Belastungsprofil, Setting (Training vs. Wettkampf), Belastungsdauer/-intensität und Erhebungsmethode. Insbesondere in Ausdauerdisziplinen werden hohe Prävalenzen berichtet. Reviews beschreiben, dass Ex-GIS in Endurance-Settings häufig auftreten und sowohl den oberen als auch unteren Gastrointestinaltrakt betreffen können. Es wird je nach Studie in einem breiten Bereich berichtet, teils bis zu etwa 70 % (Ribichini et al., 2023; ter Steege & Kolkman, 2012).

Die Symptomatik ist dabei sportartspezifisch ausgeprägt. High-impact Belastungen wie Laufen werden in der Literatur häufiger mit unteren GI-Symptomen in Verbindung gebracht (u. a. durch

repetitive mechanische Belastung), während beim Radfahren positions- und druckbezogene Faktoren (z. B. Aero-Position) als relevante Mitverursacher insbesondere oberer GI-Beschwerden diskutiert werden. Gleichzeitig zeigen kontrollierte experimentelle Daten, dass sich bei vergleichbarer Belastungssteuerung (Dauer/Intensität/Umgebung) die Unterschiede zwischen Lauf- und Radprotokollen in EIGS-Markern und Symptomschwere teilweise angleichen können, was die Bedeutung von Rahmenbedingungen und individueller Variation unterstreicht (Costa et al., 2022; de Oliveira et al., 2014).

GI-Beschwerden sind zudem nicht auf klassische Ausdauerdisziplinen beschränkt. Auch in Team- und Kraftsportkontexten wurden relevante Symptomlasten berichtet. In einer explorativen Querschnittsstudie an collegiate Division-I American-Football-Athleten gaben über die Hälfte der Teilnehmenden GI-Beschwerden im Trainings-/Wettkampfkontext an, wobei sowohl obere als auch untere Symptomdimensionen erfasst wurden (Wardenaar et al., 2023).

Zur Einordnung der zugrunde liegenden Mechanismen werden in der Literatur integrative Modelle herangezogen, die physiologische, mechanische und ernährungsbezogene Determinanten zusammenführen und im Konzept des exercise-induced gastrointestinal syndrome (EIGS) gebündelt werden (Costa et al., 2017; de Oliveira et al., 2014). Dieses Modell verdeutlicht, dass belastungsassoziierte gastrointestinale Beschwerden multifaktoriell bedingt sind und nicht auf einzelne Auslöser reduziert werden können. Vielmehr wirken verschiedene Ursachencluster gleichzeitig oder wechselseitig aufeinander ein, was sowohl die hohe interindividuelle Variabilität der Symptomlast als auch die teils stark schwankenden Prävalenzangaben zwischen Studien, Sportarten und Settings (Training vs. Wettkampf) erklärt (Al-Beltagi et al., 2025; de Oliveira et al., 2014; ter Steege & Kolkman, 2012).

2.2 Erklärungsmodell und Determinanten belastungsassoziiierter gastrointestinaler Beschwerden

2.2.1 Physiologische Determinanten: splanische Hypoperfusion, intestinale Integrität und Barrierefunktion

Ein zentraler physiologischer Mechanismus während körperlicher Aktivität ist die belastungsinduzierte Umverteilung des Blutvolumens. Um die Sauerstoffversorgung der arbeitenden Muskulatur sowie die Thermoregulation über die Hautdurchblutung zu gewährleisten, wird der Blutfluss zum Gastrointestinaltrakt signifikant reduziert. Diese splanchnische Hypoperfusion kann bei hoher Belastungsintensität oder zusätzlichem Umweltstress, wie extremer Hitze, zu einer Ischämie der Darmzellen führen, welche als primärer Treiber für Funktions- und Integritätsstörungen des Verdauungssystems gilt (Costa et al., 2017; de Oliveira et al., 2014).

In der Folge kann es zu einer transienten Beeinträchtigung der intestinalen Barrierefunktion kommen. Ein systematisches Review beschreibt, dass eine belastungsbedingte Schädigung des Darmepithels mit einer erhöhten Permeabilität einhergehen kann und dadurch der Übertritt luminaler Bestandteile in den Blutkreislauf begünstigt wird. Dies wird als möglicher Beitrag zur Symptomenentstehung und zu systemischen Stressreaktionen eingeordnet (Al-Beltagi et al., 2025).

2.2.2 Mechanische Determinanten: Impact- und positionsbezogene Belastung

Neben perfusionsbezogenen Mechanismen werden mechanische Faktoren als eigenständiger Ursachencluster hervorgehoben. High-impact Belastungen (z.B. Laufen) können über repetitive Erschütterungen („jostling“) sowie eine belastungsinduzierte Veränderung der Motilität zur Symptomenentstehung beitragen. Bei zyklischen Belastungsformen (z. B. Radfahren) werden hingegen eher positions- und druckbezogene Mechanismen (z. B. Oberkörperposition, erhöhter intraabdomineller Druck) diskutiert, die insbesondere für obere GI-Symptome relevant sein können (de Oliveira et al., 2014; ter Steege & Kolkman, 2012). Studien deuten darauf hin, dass Unterschiede zwischen Belastungsmodalitäten zugleich von Rahmenbedingungen wie Intensität, Dauer und Umgebung beeinflusst werden und sich unter standardisierten Protokollen in EIGS-Markern und Symptommessung teilweise angleichen können (Costa et al., 2022).

Als relevante Verstärker werden zudem Bedingungen genannt, die die splanchnische Hypoperfusion bzw. die Barrierebelastung erhöhen, darunter insbesondere Hitze und Dehydration. Wie bereits in 2.1 erläutert, sind diese Interaktionen ein Kernbestandteil der EIGS-Konzeption, da Umweltstress den physiologischen Druck auf den Gastrointestinaltrakt deutlich erhöhen kann (Costa et al., 2017; de Oliveira et al., 2014; Ribichini et al., 2023).

2.2.3 Individuelle Prädispositionen und klinische Relevanz

Neben belastungsinduzierten Mechanismen beeinflussen individuelle, konstitutionelle Faktoren maßgeblich, ob und ab welcher „Schwelle“ Athlet*innen GI-Symptome entwickeln. Prädispositionen wirken dabei häufig als Effektverstärker: Bereits moderat ungünstige Konstellationen aus Belastung, Ernährung und Umweltstress können bei vulnerablen Personen zu Symptomen führen, während sie bei anderen toleriert werden. Für empirische Untersuchungen sind diese Faktoren klinisch relevant, weil sie sowohl das Symptomerleben als auch das Ernährungsverhalten (inkl. Produktauswahl) systematisch mitbestimmen und damit als potenzielle Confounder auftreten können (Ribichini et al., 2023).

Zudem stellen Nahrungsmittelunverträglichkeiten (z. B. Laktose- oder Fruktosemalabsorption) und die individuelle Sensitivität gegenüber fermentierbaren Kohlenhydraten (FODMAPs) relevante Determinanten dar. Viele NEM wie zum Beisp. Proteinshakes, Riegel, „sugar-free“ Produkte enthalten Laktose, Fruktosequellen oder Polyole (z. B. Sorbit/Mannit) sowie weitere schwer absorbierbare Kohlenhydrate. Diese können – insbesondere unter Belastungsbedingungen mit eingeschränkter GI

Funktion – osmotische Effekte und Fermentation begünstigen und so Symptome wie Blähungen, Drang oder Diarrhö triggern. Entsprechend werden Low-FODMAP-Strategien im Sportkontext als potenziell symptomreduzierender Ansatz diskutiert, jedoch eher gezielt und zeitlich begrenzt (z. B. in wettkampfnahen Phasen) als generelle Dauerkost (siehe 2.4.5) (Ribichini et al., 2023).

Als individueller Risikofaktor wird eine vulnerablere intestinale Barrierefunktion bzw. eine basal erhöhte Anfälligkeit für Barrierebelastung diskutiert. Entscheidend ist dabei weniger der allgemeine Mechanismus (belastungsinduzierte Permeabilitätszunahme), sondern die interindividuelle Variabilität: Bei Athlet*innen mit bereits eingeschränkter Barrierereserve kann die Toleranz gegenüber zusätzlichen gastrointestinalen Stressoren reduziert sein. In der Praxis bedeutet dies, dass bestimmte Ernährungsstrategien oder Produktformulierungen – insbesondere stark konzentrierte Kohlenhydratlösungen, hyperosmolare Getränke oder individuell schlecht verträgliche Inhaltsstoffe – unter Belastung eher symptomrelevant werden können, ohne dass daraus eine eindeutige Kausalität einzelner Produkte abgeleitet werden kann (Costa et al., 2017; A. E. Jeukendrup, 2010; Rowe et al., 2022).

2.2.4 Konsequenz für Forschung und Praxis: Interaktion von Stressoren und Relevanz von Ernährungsstrategien

Aus den in den vorangegangenen Abschnitten dargestellten Mechanismen ergibt sich, dass Ex-GIS insbesondere unter Bedingungen einer Kumulation mehrerer Stressoren auftreten bzw. sich verstärken können (z. B. hohe Intensität + Hitze/Dehydration + belastungsnahe Nährstoffzufuhr).. Diese Perspektive ist für den Leistungssport zentral, da Verpflegungsstrategien häufig unter genau solchen Rahmenbedingungen umgesetzt werden müssen. Daraus folgt die praktische Relevanz einer gezielten Optimierung der Ernährungsstrategie: Dosis, Konzentration, Timing und Produktmatrix beeinflussen die gastrointestinale Verträglichkeit und können damit die Umsetzung leistungsphysiologisch adäquater Verpflegung limitieren (de Oliveira et al., 2014; Ribichini et al., 2023).

Vor diesem Hintergrund sind NEM als Bestandteil belastungsnaher Ernährungsstrategien ein zentraler, modifizierbarer Einflussfaktor. Ihre Nutzung ist im Leistungssport weit verbreitet und kann – abhängig von Produktgruppe, Dosierung/Konzentration und Timing – sowohl leistungsphysiologisch sinnvoll als auch hinsichtlich der GI-Toleranz limitierend sein (Knapik et al., 2016; Maughan et al., 2018).

2.3 Nahrungsergänzungsmittel im Sport

2.3.1 Definition von Nahrungsergänzungsmitteln

NEM sind im europäischen Rechtsrahmen Lebensmittel, die die normale Ernährung gezielt ergänzen sollen; sie ersetzen allerdings keine ausgewogene Ernährung. Sie enthalten in konzentrierter Form Nährstoffe und sonstige Stoffe mit ernährungsbezogener oder physiologischer Wirkung. In der Regel

werden sie in dosierter Form (z.B. Kapseln, Tabletten, Pulver oder Tropfen) angeboten. Klar abzugrenzen sind NEM von Arzneimitteln; deren Bewerbung zur Heilung von Krankheiten ist unzulässig (*BVL - Nahrungsergänzungsmittel*, o. J.).

Das IOC-Consensus-Statement von Maughan et al. ordnet sports foods ausdrücklich in den weiteren Supplement-Kontext ein und nennt als Kategorien unter anderem essenzielle Mikronährstoffe, sports foods, performance- und health supplements. Zugleich betont das Statement, dass solche Produkte nur eine kleine, gezielte Rolle im Ernährungsplan von Athlet*innen spielen sollten und eine bedarfsgerechte Ernährung nicht ersetzen (Maughan et al., 2018).

Für die vorliegende Arbeit ist diese begriffliche Einordnung zentral, da Athlet*innen in der Praxis häufig sowohl klassische NEM (z. B. Vitamin-/Mineralstoffpräparate) als auch Sportlerprodukte (z. B. Kohlenhydratgels/-getränke, Proteinprodukte) nutzen und diese in Screeninginstrumenten gemeinsam erfasst werden. Entsprechend wird im Folgenden der Oberbegriff „Nahrungsergänzungsmittel“ verwendet, wenn produktgruppenübergreifende Nutzungsmuster beschrieben werden (Maughan et al., 2018).

2.3.2 Einsatz und Nutzung von Nahrungsergänzungsmitteln

Wie bereits angedeutet, werden NEM nicht als homogene Produktgruppe verstanden, sondern umfassen eine Vielzahl unterschiedlicher Substanzen mit variierenden ernährungsphysiologischen Zielsetzungen. In Übersichtsarbeiten wird wiederholt darauf hingewiesen, dass Art, Umfang und Zweck der Supplementnutzung stark vom Leistungsniveau, der Sportart sowie von trainings- und wettkampfspezifischen Anforderungen abhängen. Es werden Prävalenzen im Bereich von etwa 40% bis >80% angegeben. Insgesamt zeigen die Untersuchungen, dass Athlet*innen deutlich häufiger NEM verwenden als Freizeitsportler*innen (Knapik et al., 2016; Maughan et al., 2018).

Hinsichtlich der eingesetzten Produktgruppen werden wiederholt Vitamin-/Mineralstoffpräparate, Proteinprodukte, Kohlenhydratprodukte sowie Sportgetränke als häufig genutzte Kategorien berichtet. Diese Produkte werden typischerweise eingesetzt, um (i) eine praktische Nährstoffzufuhr unter Belastungsbedingungen zu ermöglichen, (ii) die Regeneration zu unterstützen oder (iii) spezifische leistungs- bzw. trainingsbezogene Ziele zu adressieren (Garthe & Maughan, 2018; Knapik et al., 2016).

Als Gründe für die Supplementnutzung werden in Übersichtsarbeiten neben leistungsbezogenen Erwartungen insbesondere pragmatische Faktoren genannt (z. B. Dosierbarkeit, Transportfähigkeit, standardisierte Zusammensetzung, Einsatz in Situationen mit eingeschränkter Lebensmittelverfügbarkeit). Gleichzeitig wird hervorgehoben, dass die Einbindung von Sportlerprodukten in vielen Fällen eher als praktische Umsetzung einer Ernährungsstrategie (z. B. Kohlenhydratzufuhr während Belastung) denn als „Substitution normaler Ernährung“ zu verstehen ist (Garthe & Maughan, 2018).

Neben potenziellen Nutzen werden Risiken der Supplementnutzung im Leistungssport betont. Dazu zählen u. a. Qualitäts- und Deklarationsprobleme sowie das Risiko unbeabsichtigter Aufnahmen dopingrelevanter Substanzen durch Kontamination oder Verunreinigung. Reviews und Anti-Doping-Institutionen weisen darauf hin, dass Athlet*innen deshalb ein systematisches Risikomanagement (z. B. Zertifizierungs-/Testprogramme) benötigen (Martínez-Sanz et al., 2017; Maughan et al., 2018).

Zur praxisnahen Einordnung wird in Hochleistungssystemen häufig ein evidenzbasiertes Klassifikationskonzept genutzt, wie etwa das AIS Supplement Framework (ABCD-Klassifikation), das Sportlerprodukte und Supplement-Inhaltsstoffe nach Evidenzlage, Sicherheit und praktischer Einsatzfähigkeit strukturiert (*Supplements* | ASC, o. J.).

2.3.3 Nahrungsergänzungsmittel als potenzieller Einflussfaktor für gastrointestinale Beschwerden

Im Kontext Ex-GIS werden NEM insbesondere deshalb als relevant diskutiert, weil viele Produkte in engem zeitlichem Zusammenhang mit Training/Wettkampf konsumiert werden und dabei häufig eine hohe Nährstoffdichte, spezifische Zuckerprofile oder eine erhöhte Osmolarität aufweisen (z. B. Kohlenhydratdrinks/-gels, Sportgetränke, proteinbasierte Produkte). Reviews beschreiben, dass GI-Symptome im Belastungskontext nicht monokausal „durch ein Produkt“ entstehen, sondern typischerweise durch die Kombination aus Dosis, Konzentration/Osmolarität, Timing, Belastungsbedingungen (z. B. Hitze/Dehydration) und interindividueller Toleranz geprägt sind (Costa et al., 2017; de Oliveira et al., 2014).

Für kohlenhydratbasierte Sportlerprodukte wird GI-Toleranz in der Literatur häufig als praktischer limitierender Faktor beschrieben, da leistungsphysiologisch wünschenswerte Zufuhrmengen unter realen Belastungsbedingungen nicht immer toleriert werden. Entsprechend werden Anpassungsstrategien wie ein schrittweises „gut training“/Training der Ernährungsstrategie als relevanter Ansatz diskutiert (de Oliveira et al., 2014; A. E. Jeukendrup, 2017).

Auch außerhalb klassischer Ausdauerdisziplinen zeigen Daten, dass GI-Beschwerden und supplementbezogene Faktoren im Athletenalltag relevant sein können. In einer explorativen Studie an Division-I-American-Football-Athleten wurden GI-Symptome häufig berichtet. Zudem zeigten Athleten, die Proteinprodukte nutzten, höhere GI-Symptom-Scores als Nichtnutzer, was die potenzielle Bedeutung von Nutzungsmustern und Produktgruppen auch in Team-/Kraftsportsettings unterstreicht (Wardenaar et al., 2023).

Die detaillierten ernährungsphysiologischen Mechanismen und modifizierbaren Trigger, über die NEM und Ernährungsstrategien Ex-GIS beeinflussen können, werden im folgenden Abschnitt (2.4) systematisch dargestellt.

2.4 Ernährungsbezogene Faktoren im Zusammenhang mit gastrointestinaler Beschwerden im Sport

2.4.1 Präbelastungsnahe Ernährung: Timing, Umfang und Magenentleerung

Der Zeitpunkt der Nahrungsaufnahme im Verhältnis zur Belastung wird wiederholt als Einflussfaktor auf das Risiko von GI-Symptomen beschrieben. Ein wesentlicher Hintergrund ist, dass die Magenentleerung und die intestinale Resorptionskapazität unter intensiver Belastung eingeschränkt sein können und große Mahlzeiten kurz vor Trainings- oder Wettkampfbeginn die Wahrscheinlichkeit für Völlegefühl, Übelkeit, Reflux oder Bauchschmerzen erhöhen können. Es wird daher empfohlen regelmäßige, präbelastungsnahe Mahlzeiten hinsichtlich Portion und Zusammensetzung so zu wählen, dass sie gut verdaulich sind und die Magenverkleinerung nicht unnötig verzögern (de Oliveira et al., 2014).

Für Ausdauerläufer*innen wird außerdem beschrieben, dass Athlet*innen häufig selbst Nahrungsmittelrestriktionen vor Belastung anwenden, um Beschwerden zu minimieren (Jamieson et al., 2025). Auch in Studien zu Ausdauerläufer*innen zeigt sich, dass vor Belastung insbesondere potenziell problematische Lebensmittel gezielt gemieden werden (Parnell et al., 2020). Insgesamt deutet die Literatur darauf hin, dass entsprechende Strategien in der Praxis häufig individuell angepasst und im Sinne des Selbstmanagements umgesetzt werden (Jamieson et al., 2025; Parnell et al., 2020).

2.4.2 Makronährstoffzusammensetzung vor der Belastung: Kohlenhydrate, Fette, Ballaststoffe und Proteine

In der Sportmedizin- und Sporternährungsliteratur werden insbesondere fettreiche und ballaststoffreiche Mahlzeiten als potenzielle Trigger für Ex-GIS genannt, da beide die Magenentleerung verzögern und (im Fall fermentierbarer Substrate) Gasbildung sowie luminale Distension begünstigen können. Diese Effekte sind vor allem dann relevant, wenn die Aufnahme in engem zeitlichem Abstand zur Belastung erfolgt oder wenn die Belastung selbst bereits die GI-Toleranz reduziert (de Oliveira et al., 2014).

Auch eine sehr proteinreiche Zufuhr unmittelbar vor Belastung wird als potenziell problematisch beschrieben, insbesondere wenn sie mit hoher Gesamtenergie, hoher Osmolarität (z. B. konzentrierte Shakes) oder schwer verdaulichen Begleitstoffen kombiniert ist. Die Evidenz ist im Vergleich zur Kohlenhydratliteratur weniger einheitlich. Reviews ordnen Proteine hier v.a. als mögliche Verstärker in bestimmten Konstellationen (Timing, Dosis, Matrix) ein und betonen die hohe interindividuelle Variabilität (de Oliveira et al., 2014; Wardenaar et al., 2023).

Auch die präbelastungsnahe Kohlenhydratzufuhr ist für die GI-Toleranz relevant. Kohlenhydrate sind zwar ein zentraler Baustein leistungsphysiologischer Ernährungsstrategien, können jedoch – insbesondere bei Aufnahme in engem zeitlichem Abstand zum Belastungsbeginn – GI-Symptome begünstigen. Reviews beschreiben, dass dies vor allem bei hohen Mengen, hochkonzentrierten

Quellen und/oder einer ungünstigen Zuckerzusammensetzung auftreten kann, da Magenentleerung und intestinale Resorptionskapazität unter Belastungsbedingungen funktionell limitiert sein können. Zudem wird betont, dass bestimmte Kohlenhydratquellen (z. B. hohe Fruktoseanteile) bei empfindlichen Personen eher mit Symptomen assoziiert sein können, weshalb eine individualisierte, im Training getestete Präbelastungsstrategie empfohlen wird (de Oliveira et al., 2014; A. Jeukendrup, 2014).

2.4.3 Kohlenhydratzufuhr während der Belastung: Menge, Konzentration und Verträglichkeit

Die Kohlenhydratzufuhr während längerer Belastungen ist leistungsphysiologisch bedeutsam, kann jedoch Ex-GIS auslösen oder verstärken. Es wird konsistent beschrieben, dass die Symptommwahrscheinlichkeit mit steigender Kohlenhydratmenge zunimmt und insbesondere hochkonzentrierte bzw. hyperosmolare Lösungen ein erhöhtes Risiko für Beschwerden wie Übelkeit, Völlegefühl, abdominelle Schmerzen/Krämpfe und Diarrhö mit sich bringen können. Mechanistisch wird dies u. a. dadurch erklärt, dass hochkonzentrierte Kohlenhydratlösungen die Magenentleerung verlangsamen und osmotische Effekte im Dünndarm begünstigen können, was den intestinalen Flüssigkeitstransport und damit die Verträglichkeit unter Belastung beeinträchtigt. Gleichzeitig betont die Literatur, dass eine adäquate, gut verträgliche Kohlenhydratzufuhr ein zentraler Bestandteil sporternährungsbezogener Strategien ist und dass GI-Toleranz in der Praxis häufig das limitierende Kriterium für die umsetzbare Kohlenhydrataufnahme darstellt (Costa et al., 2017; de Oliveira et al., 2014).

Neben Menge und Konzentration wird die Zuckerart als relevanter Einflussfaktor beschrieben, da unterschiedliche Kohlenhydrate über unterschiedliche Transportwege aufgenommen werden. Glukose und Glukosepolymere (z. B. Maltodextrin) werden primär über den natriumabhängigen Transporter SGLT1 absorbiert, während Fruktose überwiegend über den Transporter GLUT5 aufgenommen wird. Bei hohen Aufnahmeraten kann es zur funktionellen Sättigung einzelner Transportmechanismen kommen. In der Folge verbleiben Kohlenhydrate vermehrt im Darmlumen, was Malabsorption, erhöhte Osmolarität und damit eine erhöhte Symptomlast begünstigen kann. Vor diesem Hintergrund wird in aktuellen Übersichtsarbeiten zur Kohlenhydratsupplementation unter Belastung die Strategie der „multiple transportable carbohydrates“ diskutiert, bei der unterschiedliche Zuckerarten – typischerweise Glukose/Maltodextrin in Kombination mit Fruktose – genutzt werden, um die intestinale Absorptionskapazität zu erhöhen und GI-Distress bei hohen Kohlenhydratraten im Vergleich zu „single transportable carbohydrates“ potenziell zu reduzieren (Cao et al., 2025; Jentjens et al., 2004; A. E. Jeukendrup, 2010).

Auf Basis der Transporterlogik wird in Übersichtsarbeiten argumentiert, dass gemischte Kohlenhydratquellen (Glukose/Maltodextrin + Fruktose) die intestinale Aufnahmekapazität erhöhen und dadurch bei hohen Zufuhrmengen sowohl die Substratverfügbarkeit als auch die Umsetzbarkeit der Zufuhrstrategie verbessern können. Die Autoren weisen jedoch darauf hin, dass potenzielle Vorteile für die GI-Toleranz nicht als garantierter Effekt zu interpretieren sind, sondern maßgeblich von

Dosis, Konzentration/Osmolarität, Belastungsintensität sowie interindividueller Variabilität abhängen (de Oliveira et al., 2014; A. E. Jeukendrup, 2010).

Darüber hinaus ist die Darreichungsform der Kohlenhydratzufuhr (Getränk vs. Gel vs. Riegel) ein relevanter Praxisfaktor, da sich Formate trotz vergleichbarer Kohlenhydratmenge in Magenentleerung, subjektiver „gut comfort“ und praktischer Handhabung unter Belastung unterscheiden können. Vergleichende Crossover-Studien berichten hierbei u. a., dass feste Formate (Riegel) tendenziell mit einer höheren GI-Beschwerdelast (z. B. Übelkeit, Völlegefühl, Krämpfe) assoziiert sein können als Gel- oder Drink-Formate, während Gel-Zufuhr in bestimmten Settings gegenüber flüssigen Lösungen ebenfalls mit erhöhtem GI-Distress beschrieben wurde (Sareban et al., 2016).

2.4.4 Flüssigkeitszufuhr, Dehydration, Osmolarität und Hitze

Der Hydratationsstatus beeinflusst die gastrointestinale Toleranz sowohl direkt (z. B. über die lumenale Flüssigkeitsverfügbarkeit und damit verbundene Effekte auf Magenentleerung und intestinalen Flüssigkeitstransport) als auch indirekt über perfusionsbezogene Mechanismen. Wie bereits des Öfteren beschrieben, können Faktoren wie Dehydration und Hitzestress die belastungsinduzierte splanchnische Hypoperfusion verstärken und dadurch das Risiko für Störungen der intestinalen Integrität (u. a. Barrierefunktion/Permeabilität) erhöhen (Costa et al., 2017).

Die Osmolarität der aufgenommenen Getränke und Kohlenhydratlösungen ist ein praxisrelevanter Punkt: Hochkonzentrierte oder hyperosmolare Lösungen können zu einer verzögerten Magenentleerung beitragen und osmotische Flüssigkeit in das Darmlumen ziehen, was insbesondere unter Belastung mit Symptomen wie Völlegefühl, Übelkeit oder Durchfall verbunden sein kann. Entsprechend wird in Rezensionen wiederholt die Bedeutung einer angemessenen Konzentration und einer ausreichenden Wasserzufuhr bei der Verwendung konzentrierter Kohlenhydratquellen betont (de Oliveira et al., 2014).

2.4.5 Fermentierbare Kohlenhydrate, FODMAPs und individuelle Unverträglichkeiten

Neben klassischen Makronährstoffeffekten wird in den letzten Jahren verstärkt der Einfluss fermentierbarer Kohlenhydrate auf Ex-GIS untersucht. FODMAPs (fermentierbare Oligo-, Di- und Monosaccharide sowie Polyole) können über osmotische Effekte und bakterielle Fermentation zu vermehrter Gasbildung und luminaler Distension beitragen, was in Ruhe z. B. bei Irritable Bowel Syndrome (IBS), auch Reizdarmsyndrome genannt, relevant ist und im Sportkontext als potenzieller Auslöser für Ex-GIS diskutiert wird (Jamieson et al., 2025; Mlinaric & Mohorko, 2025). Systematische Übersichten identifizieren Low-FODMAP-Ansätze als ein wiederkehrendes Untersuchungsfeld zur Reduzierung belastungsassoziierter GI-Symptome, weisen aber auch auf die Einschränkungen einer stark restriktiven Diät im Sportleralltag hin (Mlinaric & Mohorko, 2025).

Experimentelle Evidenz liegt u.a. aus Studien an Läufer*innen mit belastungsassozierten Beschwerden vor: In einer kontrollierten Untersuchung wurde berichtet, dass eine kurzfristige Reduktion von

FODMAPs mit einer Reduktion täglicher GI-Symptome bei ansonsten klinisch gesunden Läufer*innen mit Ex-GIS-Historie assoziiert sein kann. Diese Ergebnisse werden in der Literatur als „vorläufig“ eingeordnet und unterstreichen, dass Low-FODMAP-Strategien eher als zielgerichtete, zeitlich begrenzte Intervention zu verstehen sind, nicht als allgemeine Empfehlung für alle Sportler*innen (Lis et al., 2018).

2.4.6 „Gut Training“ und Anpassung der gastrointestinalen Toleranz

Ein weiterer ernährungsbezogener Ansatz ist das sogenannte „Training des Darms“, also die systematische Gewöhnung an die Aufnahme von Kohlenhydraten und Flüssigkeit unter belastungsnahen Bedingungen. Die Literatur beschreibt, dass wiederholte Exposition gegenüber der Wettkampfverpflegung Anpassungen begünstigen kann, die u. a. mit einer verbesserten Magenentleerung, einer erhöhten intestinalen Absorptionskapazität und einer geringeren Symptomwahrscheinlichkeit verbunden sein können (A. E. Jeukendrup, 2017).

Für Leistungssportsettings ist dieses Konzept besonders relevant, da Wettkampfverpflegung häufig höhere Kohlenhydratraten erfordert, als im regulären Training spontan toleriert werden. Systematische Übersichten ordnen Gut-Training-Protokolle als potenziell wirksam ein, betonen jedoch eine deutliche Protokollabhängigkeit (z. B. Dosissteigerung, Dauer, Setting) und interindividuelle Unterschiede. Für die Praxis wird daher ein progressives Vorgehen mit Tests unter realistischen Bedingungen sowie eine individualisierte Produkt- und Einnahmestrategie hervorgehoben (A. E. Jeukendrup, 2017; Mlinaric & Mohorko, 2025).

3. Methode

3.1 Studiendesign

Die vorliegende Bachelorarbeit ist als quantitative, nicht-interventionelle Beobachtungsstudie konzipiert und basiert auf einer sekundärdatenbasierten empirischen Analyse. Der methodische Schwerpunkt der Arbeit liegt auf der Datenaufbereitung und der anschließenden statistischen Auswertung eines digitalen Screenings erhobenen Daten.

3.2 Vorgehen der Literatursichtung

Zur Erstellung des theoretischen Hintergrunds und zur Einordnung des aktuellen Forschungsstands wurde eine strukturierte, jedoch nicht-systematische Literatursichtung in der Datenbank PubMed durchgeführt. Die Suche erfolgte themenblockorientiert entlang der Kapitelstruktur (Ex-GIS/EIGS, Symptomcluster/Prävalenz, pathophysiologische Mechanismen, ernährungsbezogene Einflussfaktoren sowie Supplement-/Produktgruppen) und wurde iterativ präzisiert. Hierfür wurden relevante

Suchbegriffe in englischer Sprache verwendet und mittels Boolescher Operatoren (AND/OR, ggf. NOT) kombiniert. Zentrale Suchbegriffe umfassten u. a. „exercise-associated gastrointestinal symptoms“, „exercise-induced gastrointestinal syndrome“, „EIGS“, „Ex-GIS“, „endurance athletes“, „running“, „cycling“, „gastrointestinal permeability“, „splanchnic hypoperfusion“, „carbohydrate ingestion“, „multiple transportable carbohydrates“, „sports drinks“, „gels“, „protein supplementation“, „FODMAP“, „low FODMAP“ sowie „gut training“.

Die Auswahl relevanter Literatur erfolgte in einem mehrstufigen Vorgehen: Zunächst wurden die Treffer anhand des Titels auf thematische Passung geprüft (Titelscreening). Anschließend wurden Abstracts potenziell relevanter Publikationen gesichtet (Abstractscreening). Für verbleibende Publikationen wurden – sofern verfügbar – Volltexte herangezogen (Volltextscreening). Ergänzend wurde die Schneeballsuche genutzt, indem Literaturverzeichnisse zentraler Übersichtsarbeiten und Schlüsselpublikationen gesichtet wurden (Backward Search).

Eingeschlossen wurden primär peer-reviewte Publikationen (systematische und narrative Reviews, randomisierte kontrollierte Studien/Crossover-Studien sowie Beobachtungsstudien) mit Bezug zu Sport/Belastung und GI-Symptomen bzw. ernährungsbezogenen Einflussfaktoren. Der Fokus lag überwiegend auf Arbeiten, die ab dem Jahr 2000 veröffentlicht wurden. Grundlegende Schlüsselpublikationen wurden bei Relevanz für Definitionen oder Modelle ergänzend berücksichtigt. Ausgeschlossen wurden Studien ohne Bezug zu sportlicher Belastung, Tier- und In-vitro-Studien sowie rein meinungsbasierte Beiträge ohne Datenbasis (z. B. Editorials). Dieses Vorgehen dient der Darstellung des Forschungsstands, stellt jedoch keine systematische Literaturrecherche im Sinne einer PRISMA-konformen Vorgehensweise dar.

3.3 Datengrundlage und Ethik

Die Datengrundlage dieser Arbeit bildet das Projekt Nutr-e-Screen, in dem ein digitales Screening-Instrument zur standardisierten Erfassung ernährungs- und trainingsbezogener Informationen in sportlichen Populationen eingesetzt wird. Das Projekt verfolgt das Ziel, Instrumente der Ernährungsbetreuung im Leistungssport zu digitalisieren, zu standardisieren und wissenschaftlich zu evaluieren. Im Zentrum steht dabei ein digitales Screening zur Erfassung ernährungsbezogener Gesundheits- und Leistungsrisiken, das eine strukturierte und sportartspezifisch sowie geschlechtsspezifisch differenzierte Auswertung ermöglichen soll. Das Screening umfasst Module zu GI-Symptomen im Trainings-/Belastungskontext sowie zur Nutzung von NEM. Ergänzend werden sportbezogene Kontextinformationen (u. a. Sportart/Disziplin und trainingsbezogene Rahmenbedingungen) erhoben, die für die Einordnung und Interpretation der Ergebnisse herangezogen werden können (Heydenreich, 2024).

Die Datenerhebung erfolgte im Rahmen eines Projekts mit positivem Ethikvotum der Ethikkommission der Universität Leipzig als Erstantragsteller. Alle Teilnehmenden wurden vorab über Zielsetzung, Inhalt und Umfang des Screenings aufgeklärt und gaben ihre informierte Einwilligung zur Teilnahme sowie zur wissenschaftlichen Nutzung der anonymisierten Daten.

3.4 Stichprobe, Datenbereinigung und Variablenaufbereitung

In die Analysen wurden Datensätze von Athlet*innen aufgenommen, die im Nutr-e-Screen eine Einverständniserklärung abgegeben hatten und die für die Fragestellungen dieser Arbeit relevanten Abschnitte mit auswertbaren Angaben (i) zu gastrointestinalen Beschwerden und (ii) zur Nutzung von NEM beantwortet hatten. Datensätze ohne Einverständnis wurden entfernt. Darüber hinaus wurden im Projekt als Dubletten gekennzeichnete Fälle ausgeschlossen. Fälle wurden zudem ausgeschlossen, wenn zentrale Angaben in den definierten Analysebereichen (Outcomes/Expositionen) fehlten oder nicht interpretierbar waren.

Vor der Analyse erfolgten eine Plausibilitätsprüfung zentraler Variablen sowie eine Vereinheitlichung kategorialer Angaben (insbesondere Geschlecht, Trainingsphase und Nutzungsfrequenzen). Die NEM-Nutzung wurde sowohl dichotom (Nutzung ja/nein) als auch anhand der berichteten Häufigkeit operationalisiert und in die Kategorien „nein“, „ja, selten“ und „ja, regelmäßig“ überführt. Zusätzlich wurden einzelne Produktgruppen als dichotome Indikatorvariablen (genutzt ja/nein) abgebildet, um produktgruppenspezifische Zusammenhänge analysieren zu können.

GI-Beschwerden wurden in mehreren Outcome-Variablen operationalisiert. Das Auftreten belastungsassoziierter GI-Beschwerden in den letzten 12 Monaten wurde als dichotome Variable (ja/nein) erfasst. Zusätzlich wurde ein GI-Risiko-Status („auffällig“ ja/nein) gemäß der im Screening hinterlegten Klassifikationsregel gebildet: Ein GI-Risiko wurde definiert, wenn mindestens zwei GI-Risikokriterien mit „Ja“ beantwortet wurden oder wenn „Blut im Stuhl“ mit „Ja“ angegeben wurde (projektspezifische Klassifikationsregel). Ergänzend wurde die Anzahl positiver GI-Risikokriterien als Zählwert ausgewertet. Zur Abbildung der aktuellen Symptomlast wurden Symptomtage einzelner GI-Symptome in den letzten vier Trainingswochen als Zählwerte berücksichtigt und zusätzlich ein Indikator gebildet, ob mindestens ein Symptomtag vorlag (ja/nein). Filterbedingt fehlende Angaben in den Symptomtage-Variablen wurden als „0 Tage“ kodiert, da sie inhaltlich dem Nicht-Auftreten des jeweiligen Symptoms entsprechen. Nach Abschluss der Datenbereinigung und -aufbereitung umfasste die finale analytische Stichprobe $n = 296$ Athlet*innen.

3.5 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte hypothesengeleitet und orientierte sich an den Forschungsfragen, ob und in welchem Ausmaß die Nutzung von NEM mit GI-Beschwerden assoziiert ist und ob sich diese Zusammenhänge in Abhängigkeit sportbezogener Kontextvariablen (Belastungsprofil, Trainingsphase) unterscheiden. Die Datenaufbereitung (Bereinigung, Kodierung und Variablenbildung) erfolgte in Microsoft Excel. Die statistischen Analysen und grafischen Darstellungen wurden in Python durchgeführt.

Zunächst wurden Stichprobe, Expositionen und Outcome-Variablen deskriptiv dargestellt. Kategoriale Variablen wurden als absolute und relative Häufigkeiten berichtet. Für kontinuierliche bzw. diskrete Variablen wurden geeignete Lage- und Streuungsmaße angegeben. Verteilungen wurden vor inferenzstatistischen Analysen geprüft, um die Auswahl der Verfahren an Skalenniveau und Verteilungsform anzupassen.

Für bivariate, unadjustierte Zusammenhänge zwischen Expositionen und dichotomen Outcomes, insbesondere zwischen Nutzungsvariablen und dem GI-Risiko-Status („auffällig“ ja/nein) sowie dem Auftreten belastungsassoziierter GI-Beschwerden im 12-Monats-Rückblick (ja/nein), wurden Kontingenzanalysen durchgeführt. Die Signifikanz wurde mit dem Chi-Quadrat-Test geprüft; bei kleinen Zellbesetzungen wurde der Fisher-Exact-Test verwendet. Zur Quantifizierung der Zusammenhangstärke wurden Odds Ratios (OR) mit 95%-Konfidenzintervallen berichtet.

Für Symptomtage in den letzten vier Trainingswochen als Zählvariable wurde berücksichtigt, dass diese Werte typischerweise nicht normalverteilt sind und häufig eine Häufung von Nullwerten aufweisen. Gruppenvergleiche der Symptomlast zwischen Nutzungsgruppen wurden daher mittels Mann-Whitney-U-Test durchgeführt. Als Effektmaß wurde r berichtet. Die Verteilung der Symptomtage wurde ergänzend grafisch dargestellt.

Zur Kontrolle potenzieller Confounder und zur Schätzung unabhängiger Zusammenhänge wurden zusätzlich adjustierte Modelle berechnet. Für dichotome Outcomes wurde eine logistische Regression eingesetzt, in der die jeweilige Exposition als Prädiktor modelliert und gleichzeitig für zentrale Kovariaten adjustiert wurde. Die Auswahl der Kovariaten erfolgte theoriegeleitet, da insbesondere Alter und Geschlecht sowie sportbezogene Kontextvariablen (Belastungsprofil/Sportart und Trainingsphase) sowohl die Wahrscheinlichkeit der NEM-Nutzung als auch das Auftreten GI-Beschwerden beeinflussen können. Vor der Modellierung wurden die einbezogenen Kovariaten auf mögliche starke Zusammenhänge geprüft; Hinweise auf eine problematische Multikollinearität ergaben sich dabei nicht. Die Ergebnisse der logistischen Regression wurden als adjustierte Odds Ratios (aOR) mit 95%-Konfidenzintervallen berichtet.

Für Symptomtage als Count-Outcome wurde ein Regressionsmodell für Zähldaten verwendet. Da bei solchen Variablen häufig Overdispersion zu erwarten ist, wurde eine negative Binomialregression eingesetzt. Die Wahl des negativen Binomialmodells erfolgte auf Basis der beobachteten Overdispersion der Symptomtage (Varianz > Mittelwert). Die exponentierten Modellkoeffizienten wurden als Incidence Rate Ratios (IRR) interpretiert und ebenfalls mit 95%-Konfidenzintervallen dargestellt.

Zur Überprüfung der Hypothese wurde untersucht, ob sich Zusammenhänge je nach Belastungsprofil oder Trainingsphase unterscheiden. Dafür wurden die Daten entweder getrennt für die einzelnen Gruppen analysiert oder es wurden Interaktionsterme in die Regressionsmodelle aufgenommen (z. B. Nutzung $\times$ Belastungsprofil). Auf diese Weise konnte geprüft werden, ob sich die Stärke der Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Gruppen systematisch unterscheidet.

Für alle inferenzstatistischen Tests wurde ein zweiseitiges Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ festgelegt. Neben p-Werten wurden Effektmaße und Konfidenzintervalle berichtet, um statistische Auffälligkeit, Präzision und potenzielle praktische Relevanz der Schätzungen gemeinsam beurteilen zu können.

4. Ergebnisse

4.1 Stichprobenbeschreibung

Nach Datenbereinigung umfasste die finale analytische Stichprobe $n = 296$ Athlet*innen. Das mittlere Alter betrug $18 \pm 4,28$ Jahre. 75% ($n = 222$) waren männlich und 25% ($n = 74$) weiblich (vgl. Tab. 1).

Das Belastungsprofil der Stichprobe war überwiegend dem Ausdauerprofil zugeordnet (44,9%, $n = 133$). An zweiter Stelle standen Team-/Ball sportarten mit 29,7% ($n = 88$), gefolgt von Kampfsportarten mit 17,2% ($n = 51$). Die Präzisionssportart Sportschießen machte 6,1% ($n = 18$) der Stichprobe aus. Ein kleiner Anteil wurde als Sonstiges/Unbekannt klassifiziert (2%, $n = 6$) (vgl. Abb. 1; Tab. 1). Für die nachfolgenden stratifizierten Analysen wurden die kleinen Kategorien Kampfsport, Präzisionssportart Sportschießen und Sonstiges/Unbekannt aufgrund geringer Zellbesetzungen zur Kategorie „Andere“ zusammengefasst. Diese Kategorie umfasste dementsprechend 25,3 % der Stichprobe ($n = 75$).

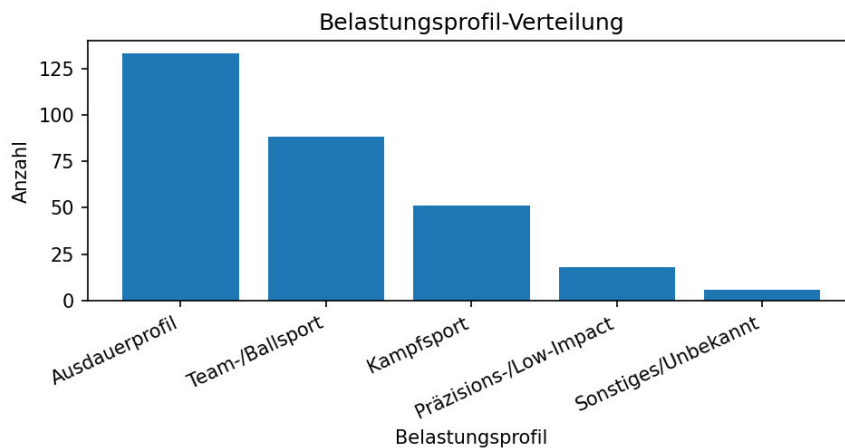


Abbildung 1: Belastungsprofil-Verteilung der Stichprobe

Die Trainingsphase war überwiegend der Vorbereitungsphase zugeordnet (43,2%; $n = 128$), gefolgt von der Wettkampfphase (32,8%; $n = 97$). Weitere Anteile entfielen auf unmittelbare Wettkampfvorbereitung (8,8%; $n = 26$), Tapering (7,4%; $n = 22$), Übergangsphase (4,7%; $n = 14$) sowie aktuell verletzt (3,0%; $n = 9$) (vgl. Abb. 2, Tab. 1).

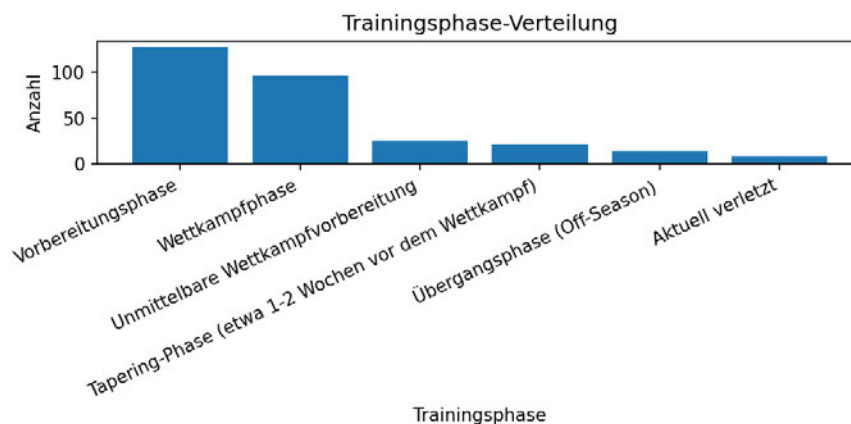


Abbildung 2: Verteilung der Trainingsphasen

Die Nutzung von NEM wurde in drei Kategorien erfasst. 24% der Teilnehmer*innen gaben an, keine NEM zu nutzen ($n = 71$). Eine seltene Nutzung wurde von 26% berichtet ($n = 77$). Die regelmäßige Nutzung stellte mit 50% den größten Anteil dar ($n = 148$) (vgl. Abb. 3).

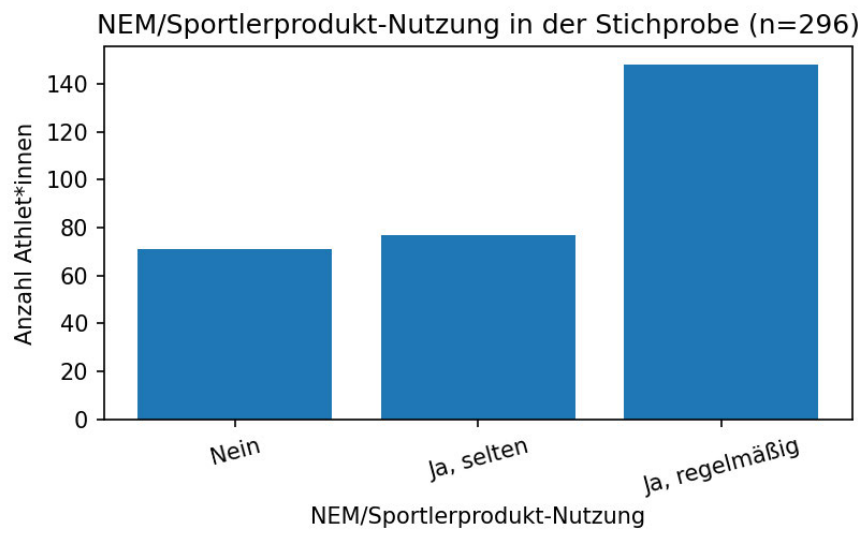


Abbildung 3: NEM-Nutzung in der Stichprobe

Die Basischarakteristika sind zusammenfassend in Tab. 1 dargestellt.

Tabelle 1: Basischarakteristika der Stichprobe

Variable	Wert
Stichprobengröße (n)	296
Alter (M $\pm$ SD)	17.99 $\pm$ 4.28
Alter (Median)	18
Geschlecht: männlich	222 (75%)
Geschlecht: weiblich	74 (25%)
Geschlecht: divers	0 (0%)
Belastungsprofil: Ausdauerprofil	133 (44,9%)
Belastungsprofil: Team-/Ball sport	88 (29.7%)
Belastungsprofil: Kampfsport	51 (17.2%)
Belastungsprofil: Präzisionssportart Sportschießen	18 (6.1%)
Belastungsprofil: Sonstiges/Unbekannt	6 (2%)
Trainingsphase: Vorbereitungsphase	128 (43.2%)
Trainingsphase: Wettkampfphase	97 (32.8%)
Trainingsphase: Unmittelbare Wettkampfvorbereitung	26 (8.8%)
Trainingsphase: Tapering-Phase (etwa 1-2 Wochen vor dem Wettkampf)	22 (7.4%)
Trainingsphase: Übergangsphase (Off-Season)	14 (4.7%)
Trainingsphase: Aktuell verletzt	9 (3%)
NEM-Nutzung: Nein	71 (24%)
NEM-Nutzung: Ja, selten	77 (26%)
NEM-Nutzung: Ja, regelmäßig	148 (50%)

4.2 Outcomes: Prävalenz und Symptomlast

4.2.1 GI-Beschwerden in den letzten 12 Monaten

In der Gesamtstichprobe berichteten 29.4% (= 87) der Athlet*innen belastungsassoziierte GI-Beschwerden innerhalb der letzten 12 Monate. 209 Athlet*innen gaben keine GI Beschwerden an (siehe Abbildung 4).

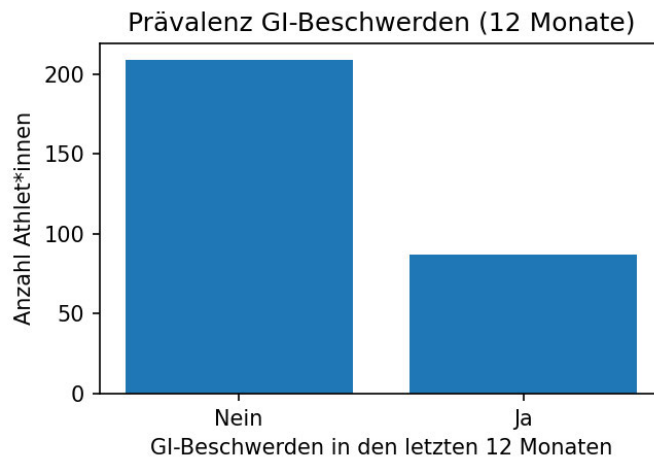


Abbildung 4: Prävalenz von GI-Beschwerden in den letzten 12 Monaten

4.2.2 Symptomlast in den vier Trainingswochen

Für die letzten vier Trainingswochen gaben 20.9% (n = 62) mindestens einen Symptomtag an. Insgesamt zeigte sich eine stark rechtsschiefe und null-inflationierte Verteilung der Symptomtage, mit einer deutlichen Häufung bei 0 Tagen und nur wenigen höheren Ausprägungen (vgl. Abb. 5). Dies spiegelt sich auch in den Lage- und Streuungsparametern wider (Mittelwert $\pm$ SD: $2,39 \pm 7,02$; Median (IQR): 0 (0–0)) (vgl. Tab. 2).

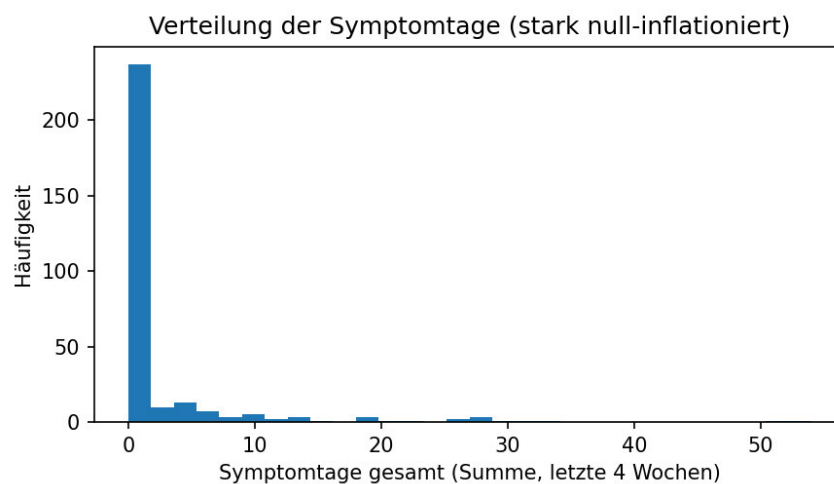


Abbildung 5: Verteilung der Symptomtage (Summe, letzte 4 Wochen)

Tabelle 2: Deskriptive Kennwerte der Outcome-Variablen

Outcome	Wert
GI-Beschwerden (12M) – Prävalenz	29.4%
≥1 Symptomtag (4W) – Prävalenz	20.9%
Symptomtage gesamt (4W) – Mittelwert ± SD	2.39 ± 7.02
Symptomtage gesamt (4W) – Median (IQR)	0 (0–0)

4.3 Hypothese H1: Gesamtnutzung von Nahrungsergänzungsmitteln und GI-Beschwerden

4.3.1 Unadjustierte Analysen

Zur Prüfung von H1 wurden Athlet*innen mit und ohne Nutzung von NEM verglichen. Die Prävalenzen der GI-Beschwerden im 12-Monats-Rückblick sowie von ≥1 Symptomtag in den letzten vier Trainingswochen sind in Abb. 6 und 7 dargestellt.

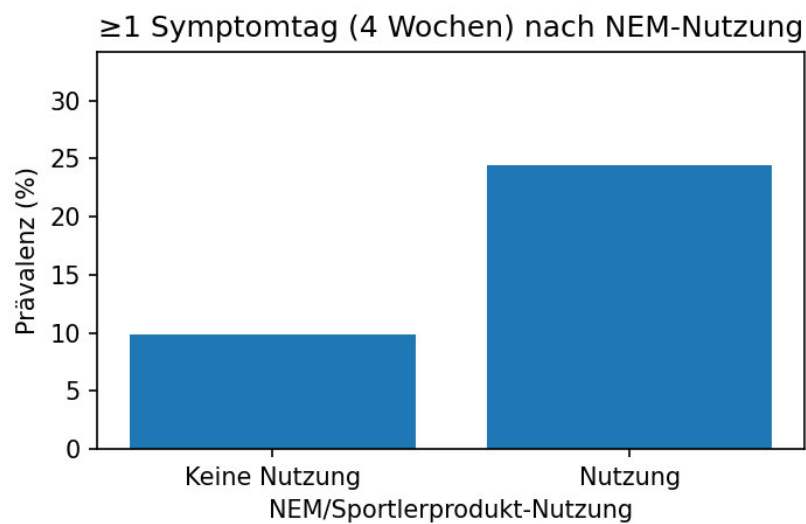


Abbildung 6: Balkenplot ≥1 Symptomtag 4W

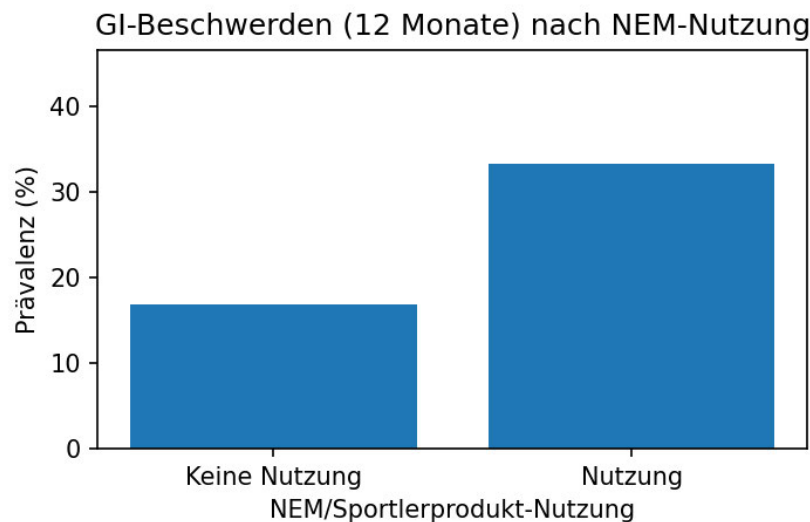


Abbildung 7: GI-Beschwerden (12 Monate) nach NEM-Nutzung

Die unadjustierten Analysen zeigen für beide dichotomen Outcomes einen statistisch signifikanten Zusammenhang: Athlet*innen mit Nutzung berichteten häufiger über GI-Beschwerden in den letzten 12 Monaten sowie häufiger über mindestens einen Symptomtag in den letzten vier Trainingswochen (vgl. Abb. 6, 7; Tab. 3).

Für GI-Beschwerden innerhalb der letzten 12 Monate zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen ($p = 0,008$). Die Odds für das Auftreten von GI-Beschwerden waren in der Nutzungsgruppe erhöht (OR 2,46; 95%-KI 1,25–4,85) (vgl. Tab. 3). Für ≥ 1 Symptomtag in den letzten vier Wochen ergaben sich ebenfalls ein signifikanter Gruppenunterschied ($p = 0,008$) mit erhöhten Odds in der Nutzungsgruppe (OR 2,96; 95%-KI 1,28–6,83). Die entsprechenden Risikoverhältnisse betrugen $RR = 1,97$ (95%-KI 1,14–3,41) für GI-Beschwerden innerhalb der letzten 12 Monate bzw. $RR = 2,48$ (95%-KI 1,18–5,20) für ≥ 1 Symptomtag in den letzten vier Trainingswochen (vgl. Tab. 3).

Tabelle 3: Unadjustierte Zusammenhänge der Gesamtnutzung mit dichotomen Outcomes (H1)

Outcome	Test	p	OR (95% CI)	RR (95% CI)
GI-Beschwerden (12M)	Chi ²	0.008	2.46 (1.25–4.85)	1.97 (1.14–3.41)
≥ 1 Symptomtag (4W)	Chi ²	0.008	2.96 (1.28–6.83)	2.48 (1.18–5.20)

Neben den dichotomen Outcomes wurden die Symptomtage als Summenwert (letzte 4 Wochen) zwischen den Gruppen verglichen. Dabei zeigte sich ein statistisch signifikanter Unterschied im Mann-

Whitney-U-Test ($p = 0,008$; $U = 9171$; $r = 0,11$) (vgl. Tab. 4). In beiden Gruppen lag der Median bei 0 Symptomtagen, was auf eine stark rechtsschiefe, null-inflationierte Verteilung hinweist. Der Gruppenunterschied wird entsprechend vor allem durch höhere Werte bei einem Teil der NEM-Nutzer*innen getragen. Die Mittelwerte lagen bei 0,87 (keine Nutzung) bzw. 2,86 (Nutzung) (vgl. Tab. 4).

Tabelle 4: Unadjustierte Gruppenvergleiche der Symptomtage (H1)

Outcome	Test	p	U	r	MW NEM=0	MW NEM=1	Med. NEM=0	Med. NEM=1
Symptomtage gesamt (4W)	Mann- Whitney- U	0.008	9171	0.11	0.87	2.86	0	0

Anmerkung: U = Teststatistik des Mann-Whitney-U-Tests, r = Effektgröße, MW = Mittelwert, Med. = Median

4.3.2 Adjustierte Analysen

Zur Kontrolle möglicher Confounder wurden zusätzlich adjustierte Modelle unter Einbezug von Alter und Geschlecht berechnet. Die Ergebnisse blieben auch nach Adjustierung konsistent und zeigen einen konsistenten Zusammenhang zwischen Gesamtnutzung und den untersuchten Outcomes.

Für GI-Beschwerden (12 Monate) zeigte sich im adjustierten logistischen Modell eine erhöhte Odds in der Nutzungsgruppe (OR 2.4500 (1.22–4.92), $p = 0.0120$). Für ≥ 1 Symptomtag (4 Wochen) ergab sich ebenfalls eine signifikant erhöhte Odds (OR 2.75 (1.17–6.47), $p = 0.021$). Für die Symptomtage als Zählvariable zeigte das negative Binomialmodell eine höhere erwartete Symptomtage-Last in der Nutzungsgruppe (IRR 3.21 (1.08–9.54), $p = 0.036$) (siehe Tab. 5).

Tabelle 5: Adjustierte Modelle (H1)

Outcome	Modell	Effekt	p
GI-Beschwerden (12M)	Logistische Regression (Alter, Geschlecht)	aOR 2.45 (1.22–4.92)	0.012
≥ 1 Symptomtag (4W)	Logistische Regression (Alter, Geschlecht)	aOR 2.75 (1.17–6.47)	0.021
Symptomtage gesamt (4W)	Negative Binomial (Alter, Geschlecht)	IRR 3.21 (1.08–9.54)	0.036

Abbildung 8 veranschaulicht die Effektgrößen der adjustierten Modelle für alle drei Outcomes. Für GI-Beschwerden (12 Monate) und ≥ 1 Symptomtag (4 Wochen) werden Odds Ratios (OR), für Symptomtage gesamt (4 Wochen) ein Incidence Rate Ratio (IRR) dargestellt.

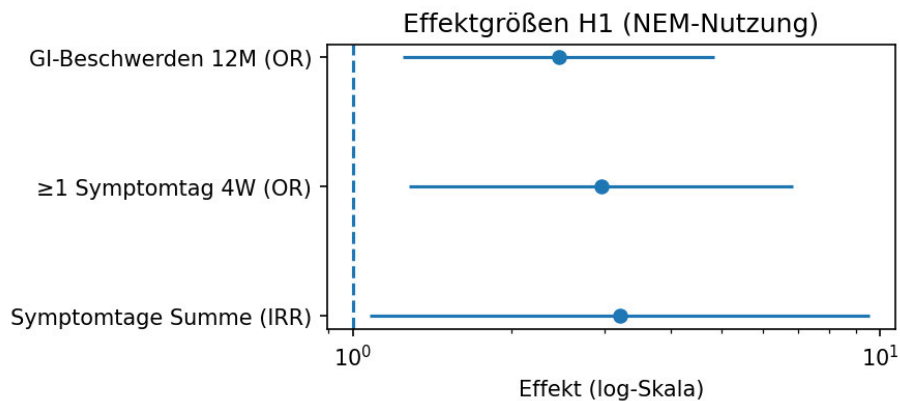


Abbildung 8: Effektgrößen (OR/IRR)

4.4 Hypothesen H2/H3: Produktgruppen-spezifische Zusammenhänge

4.4.1 Unadjustierte Assoziationen nach Produktgruppen

Zur Prüfung der Hypothesen H2 und H3 wurden die Assoziationen zwischen einzelnen Produktgruppen und den Outcomes separat betrachtet. Die Nutzung der verschiedenen Produktkategorien ist in Abb. 9 dargestellt. Am häufigsten wurden Proteinprodukte verwendet (30,1%, $n = 89$), gefolgt von Vitaminpräparaten (29,1%, $n = 86$) und Mineralstoffen (29,1%, $n = 86$). Komplexpräparate wurden von 19,3% der Athlet*innen genutzt ($n = 57$). Deutlich seltener wurden isotonische Getränke berichtet (9,5%, $n = 28$) sowie Kohlenhydratprodukte (4,1%, $n = 12$) (vgl. Abb. 9).

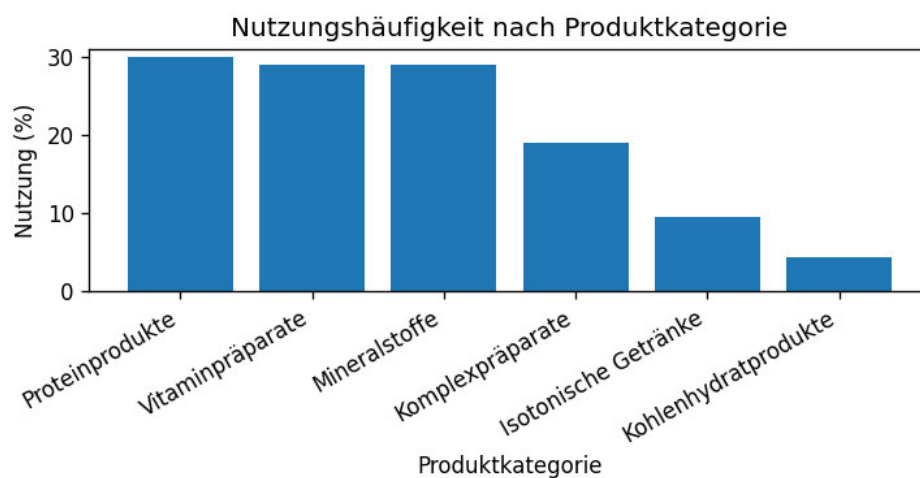


Abbildung 9: Nutzungshäufigkeit nach Produktkategorie

In den unadjustierten Analysen ergaben sich für mehrere Produktgruppen statistisch signifikante Zusammenhänge mit beiden Outcomes. Signifikant erhöhte Odds zeigten sich insbesondere für Kohlenhydratprodukte sowie isotonische Getränke. Auch für Vitaminpräparate und Mineralstoffe ergaben sich signifikante Assoziationen mit GI-Beschwerden (12 Monate) und ≥ 1 Symptomtag (4 Wochen). Für Proteinprodukte und Komplexpräparate zeigten sich keine statistisch signifikanten Unterschiede (alle $p > 0,05$). Die vollständigen unadjustierten Kennwerte sind im Anhang dargestellt (vgl. Anhang, Tab. A1).

4.4.2 Adjustierte Assoziationen nach Produktgruppen

Nach Adjustierung für Alter und Geschlecht zeigten sich für mehrere Produktgruppen statistisch signifikante Assoziationen mit den untersuchten Outcomes (vgl. Tab. 6). Die adjustierten Effektgrößen für ≥ 1 Symptomtag in den letzten vier Trainingswochen sowie für GI-Beschwerden innerhalb der letzten 12 Monate sind in Abb. 10 und Abb. 11 dargestellt.

Für ≥ 1 Symptomtag in den letzten vier Trainingswochen zeigten sich statistisch signifikant erhöhte Odds für Kohlenhydratprodukte (aOR 7,84; 95%-KI 2,25–27,37; $p = 0,0012$), isotonische Getränke (aOR 2,62; 95%-KI 1,14–5,99; $p = 0,0230$), Vitaminpräparate (aOR 3,14; 95%-KI 1,72–5,74; $p = 0,0002$) und Mineralstoffe (aOR 3,12; 95%-KI 1,72–5,65; $p = 0,0002$). Für Proteinprodukte und Komplexpräparate ergaben sich keine statistisch signifikanten Assoziationen (vgl. Tab. 6; Abb. 10).

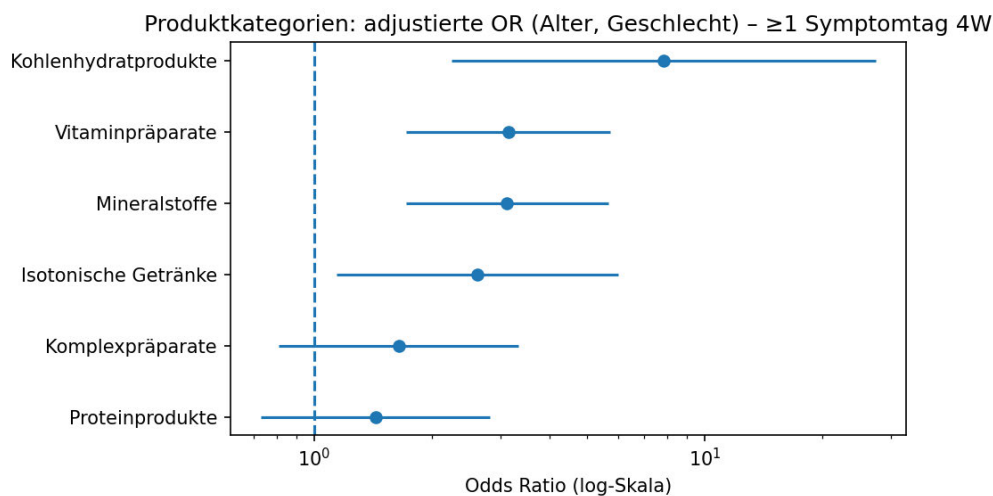


Abbildung 10: Produktkategorien: adjustierte OR (Alter, Geschlecht) - ≥ 1 Symptomtag 4W

Für GI-Beschwerden innerhalb der letzten 12 Monate zeigten sich statistisch signifikant erhöhte Odds für Kohlenhydratprodukte (aOR 7,53; 95%-KI 1,97–28,84; $p = 0,0032$), isotonische Getränke (aOR 2,56; 95%-KI 1,16–5,68; $p = 0,0204$), Vitaminpräparate (aOR 2,45; 95%-KI 1,41–4,25; $p = 0,0015$) und Mineralstoffe (aOR 2,61; 95%-KI 1,51–4,51; $p = 0,0006$). Für Proteinprodukte und Komplexpräparate zeigten sich keine statistisch signifikanten Assoziationen (vgl. Tab. 6; Abb. 11).

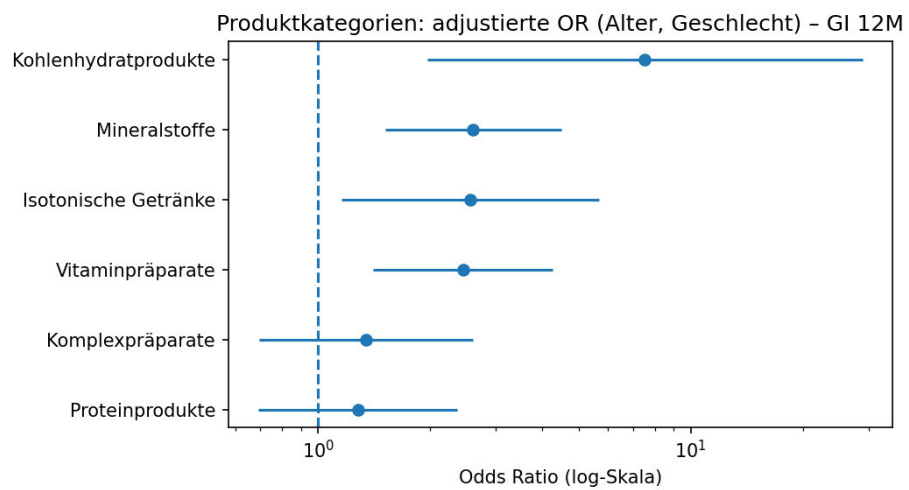


Abbildung 11: Produktkategorien: adjustierte OR (Alter, Geschlecht) - GI 12M

Die vollständigen adjustierten Kennwerte sind Tab. 6 zu entnehmen.

Tabelle 6: Adjustierte Assoziationen nach Produktgruppen (Adjustierung für Alter und Geschlecht)

Produkt	Outcome	aOR	95%-KI	p-Wert	n (Nutzung = 1)
Kohlenhydrat- produkte	GI-Beschwerden (12M)	7.5335	1.97–28.84	0.0032	12
Kohlenhydrat- produkte	≥1 Symptomtag (4W)	7.8411	2.25–27.37	0.0012	12
Isotonische Getränke	GI-Beschwerden (12M)	2.5633	1.16–5.68	0.0204	28
Isotonische Getränke	≥1 Symptomtag (4W)	2.6152	1.14–5.99	0.0230	28
Proteinprodukte	GI-Beschwerden (12M)	1.2785	0.69–2.36	0.4327	89
Proteinprodukte	≥1 Symptomtag (4W)	1.4336	0.73–2.82	0.2957	89
Vitaminpräparate	GI-Beschwerden (12M)	2.4467	1.41–4.25	0.0015	86
Vitaminpräparate	≥1 Symptomtag (4W)	3.1388	1.72–5.74	0.0002	86
Mineralstoffe	GI-Beschwerden (12M)	2.6092	1.51–4.51	0.0006	86
Mineralstoffe	≥1 Symptomtag (4W)	3.1180	1.72–5.65	0.0002	86
Komplexpräparate	GI-Beschwerden (12M)	1.3467	0.70–2.61	0.3769	57
Komplexpräparate	≥1 Symptomtag (4W)	1.6438	0.81–3.33	0.1684	57

4.5 Hypothese H4: Moderation durch Belastungsprofil

4.5.1 Stratifizierte Assoziationen nach Belastungsprofil (GI- Beschwerden 12 Monate)

Die stratifizierten Analysen ergaben unterschiedlich hohe Effektstärken zwischen den Belastungsprofilen (vgl. Tab. 7). Im Ausdauerprofil war die Odds für GI-Beschwerden in den letzten 12 Monaten bei Athlet*innen mit Nutzung erhöht (OR 9,82; 95%-KI 1,27–75,68; $p = 0,0085$). Im Profil Team/Ball ergab sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang (OR 2,17; 95%-KI 0,56–8,34; $p = 0,3713$). Auch im Profil Andere zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied (OR 1,33; 95%-KI 0,33–5,37; $p = 1,00$) (vgl. Tab. 7).

Tabelle 7: Stratifizierte Odds Ratios für GI-Beschwerden (12 Monate) nach Belastungsprofil

Belastungsprofil	n	Fälle exponiert	nicht exponiert	Odds Ratio	Untere 95%-KI	Obere 95%-KI	p-Wert	Testverfahren
Andere	75	15	3	1.3333	0.3309	5.3723	1	Fisher
Ausdauer	133	27	1	9.8182	1.2738	75.6785	0.0085	Fisher
Team/Ball	88	13	3	2.1667	0.5630	8.3379	0.3713	Fisher

4.5.2 Stratifizierte Ergebnisse für Symptomtage (4 Wochen) nach Belastungsprofil

Die Prävalenz von ≥ 1 Symptomtag in den letzten vier Wochen unterschied sich innerhalb der Belastungsprofile zwischen Athlet*innen mit und ohne NEM-Nutzung (vgl. Abb. 12). Im Ausdauerprofil lag die Prävalenz ohne Nutzung bei ca. 3% und mit Nutzung bei ca. 26%. Im Profil Team/Ball betrugen die Prävalenzen ca. 11% (keine Nutzung) bzw. ca. 21% (Nutzung). Im Profil Andere lagen die Prävalenzen bei ca. 20% (keine Nutzung) und ca. 25% (Nutzung) (vgl. Abb. 12).

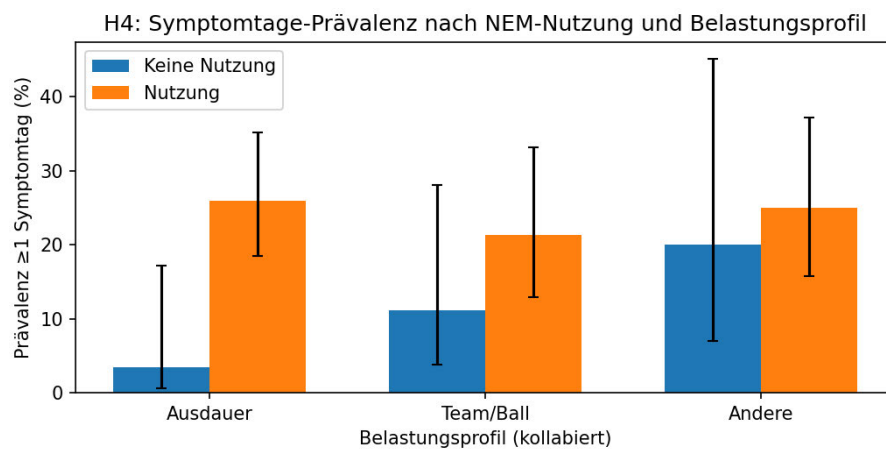


Abbildung 12: Prävalenz ≥ 1 Symptomtag (4 Wochen) nach NEM-Nutzung und Belastungsprofil

Die zugehörigen stratifizierten Effektstärken für den Zusammenhang zwischen Nutzung und ≥ 1 Symptomtag sind in Abb. 13 zusammengefasst. Im Ausdauerprofil ergab sich eine deutlich erhöhte Odds Ratio ($OR > 1$), während in den Profilen Team/Ball und Andere die Effektstärken geringer ausfielen (vgl. Abb. 13).

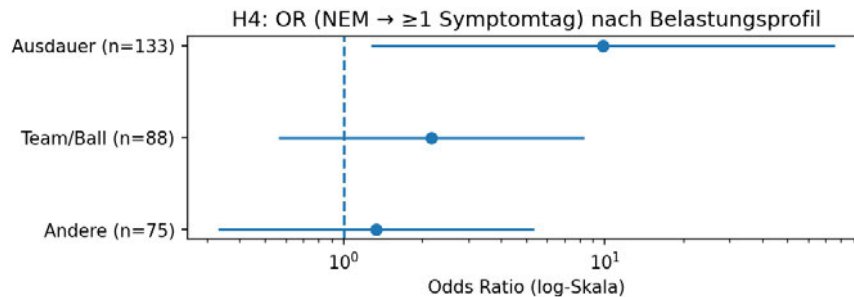


Abbildung 13: OR (NEM $\rightarrow$ ≥ 1 Symptomtag) nach Belastungsprofil

4.6 Hypothese H5: Moderation durch Trainingsphase

4.6.1 Stratifizierte Analysen nach Trainingsphase (GI-Beschwerden 12 Monate)

Für GI-Beschwerden innerhalb der letzten 12 Monate nach Trainingsphase ergab sich in der Vorbereitungsphase eine erhöhte Odds für GI-Beschwerden in der Nutzungsgruppe ($OR\ 3,23$; 95%-KI 0,70–14,82; $p = 0,1543$). Im wettkampfnahen Zeitraum zeigte sich ebenfalls eine erhöhte Odds ($OR\ 2,55$; 95%-KI 0,90–7,25; $p = 0,0709$). In der Gruppe Off/Verletzt ergab sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang ($OR\ 0,94$; 95%-KI 0,04–25,13; $p = 1,0000$) (vgl. Tab. 8).

Tabelle 8: Stratifizierte Odds Ratios für GI-Beschwerden (12 Monate) nach Trainingsphase

Trainingsphase	n (gesamt)	Outcome = Ja (NEM Ja)	Outcome = Ja (NEM Nein)	OR	95%-KI (OR)	p-Wert	Testverfahren
Off/Verletzt	23	4	0	0.9412	0.0352-25.1331	1	Fisher
Vorbereitung	128	30	2	3.2278	0.7030-14.8215	0.1543	Fisher
Wettkampfnah	145	21	5	2.5541	0.8998-7.2499	0.0709	Chi ²

Anmerkung: Outcome = Ja (NEM Ja)“ bezeichnet die Anzahl der Athlet*innen mit GI-Beschwerden innerhalb der Gruppe mit NEM-Nutzung; „Outcome = Ja (NEM Nein)“ bezeichnet die Anzahl der Athlet*innen mit GI-Beschwerden innerhalb der Gruppe ohne NEM-Nutzung

4.6.2 Stratifizierte Ergebnisse für ≥ 1 Symptomtag (4 Wochen) nach Trainingsphase

Die Prävalenz von ≥ 1 Symptomtag in den letzten vier Wochen nach Trainingsphase und NEM-Nutzung ist in Abb. 14 dargestellt. In der Vorbereitungsphase lag die Prävalenz ohne NEM-Nutzung bei rund 10 % und mit NEM-Nutzung bei etwa 27 %. Im wettkampfnahen Zeitraum betrugen die Prävalenzen etwa 10 % (keine NEM-Nutzung) bzw. 22 % (NEM-Nutzung). In der Gruppe Off/Verletzt lag die Prävalenz ohne NEM-Nutzung bei 0 %, während in der Nutzungsgruppe eine Prävalenz von etwa 19 % beobachtet wurde (vgl. Abb. 14).

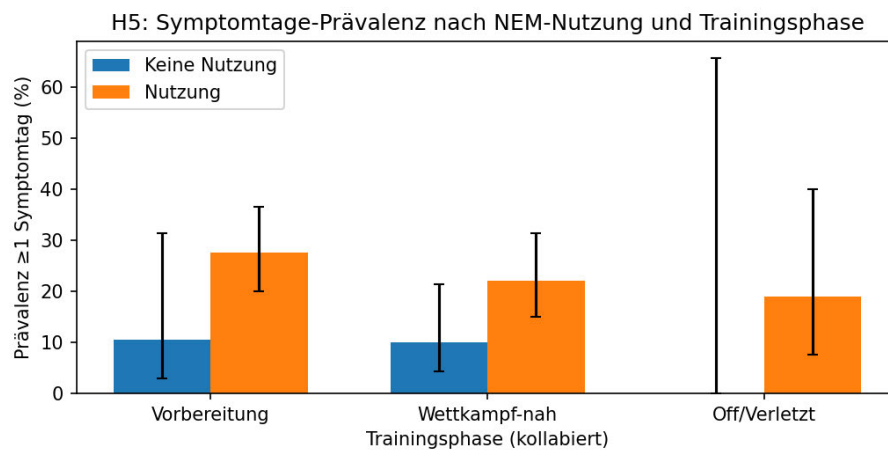


Abbildung 14: Prävalenz ≥ 1 Symptomtag nach Trainingsphase

Die zugehörigen stratifizierten Effektstärken für den Zusammenhang zwischen NEM-Nutzung und ≥ 1 Symptomtag sind in Abb. 15 zusammengefasst. In der Vorbereitungsphase und im wettkampfnahen Zeitraum lagen die Odds Ratios oberhalb von 1. Für die Gruppe Off/Verletzt ergab sich ebenfalls eine Odds Ratio oberhalb von 1. Aufgrund der geringen Fallzahlen ist die Schätzung jedoch mit breiten Konfidenzintervallen verbunden (vgl. Abb. 15).

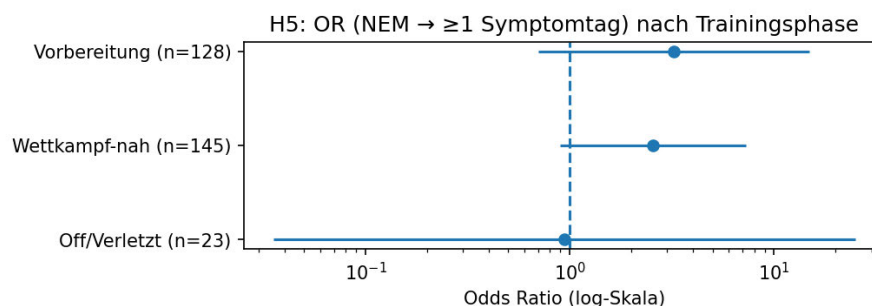


Abbildung 15: Forest Plot OR ≥ 1 Symptomtag nach Trainingsphase

4.6.3 Multivariates Modell unter Einbezug der Trainingsphase (GI-Beschwerden 12 Monate)

Im multivariaten Modell unter Einbezug der Trainingsphase war die Gesamtnutzung statistisch signifikant mit GI-Beschwerden (12 Monate) assoziiert ($\beta = 0,993$; $p = 0,0248$). Das entspricht einem adjustierten Odds Ratio von aOR 2,70 mit 95%-KI 1,13–6,43 (vgl. Anhang, Tab. A2). Für die Trainingsphase-Kategorien ergaben sich im Modell keine statistisch signifikanten Effekte (Vorbereitung: $p = 0,395$; wettkampfnah: $p = 0,614$). Für Alter und Geschlecht zeigten sich ebenfalls keine statistisch signifikanten Effekte (Alter: $p = 0,472$; Geschlecht: $p = 0,749$) (vgl. Anhang, Tab. A3).

5. Diskussion

5.1 Methodendiskussion

Die Ergebnisse sind als assoziative Befunde aus einem Screening- und fragebogenbasierten Datensatz zu interpretieren. Entsprechend lassen sich keine kausalen Schlüsse zur Richtung des Zusammenhangs zwischen NEM-Nutzung und GI-Beschwerden ziehen; neben einem möglichen Produkt-effekt sind auch eine umgekehrte Kausalität (z. B. veränderte Nutzungsmuster bei bereits bestehenden Beschwerden) sowie Residualkonfundierung durch belastungs- und kontextbezogene Faktoren plausible Erklärungen.

Für die interne Validität ist zentral, dass sowohl Exposition als auch Outcomes als Selbstauskunft erhoben wurden. Damit sind systematische Verzerrungen möglich, die in einem Leistungs- und Betreuungskontext besonders relevant sein können: GI-Symptome werden nicht in allen Fällen konsistent dokumentiert, leichte Beschwerden können als „normal“ wahrgenommen werden, und die Dokumentation kann situativ (z. B. nach belastenden Trainingsphasen) variieren. Gleichzeitig ist die NEM-Nutzung potenziell fehleranfällig, da Produkte nicht immer als „NEM“ eingeordnet werden oder routinisierte Nutzung (z. B. Getränke/Elektrolyte) weniger salient erinnert wird. Solche Fehlklassifikationen können Effekte abschätzen (z. B. wenn Nutzer*innen fälschlich als Nicht-Nutzer*innen klassifiziert werden) oder bei differenzieller Berichterstattung scheinbar verstärken, wenn Betroffene genauer berichten als Beschwerdefreie.

Der Einsatz zweier Zeitfenster (12 Monate vs. 4 Wochen) ist grundsätzlich geeignet, um die Robustheit von Mustern zu prüfen. Gleichzeitig ist davon auszugehen, dass insbesondere das 12-Monats-Outcome stärker durch Recall-Effekte geprägt ist als ein kurzes Beobachtungsfenster. Dies ist vor allem für episodische, kontextgebundene Beschwerden relevant, bei denen Häufigkeit und situative Auslöser retrospektiv ungenauer erinnert werden.

Ein weiterer methodischer Aspekt betrifft die Datenaufbereitung. In der Auswertung wurden nur Datensätze mit vorliegender Einverständniserklärung berücksichtigt, Dubletten entfernt und bei mehrfachen Einträgen pro Person jeweils der zuletzt ausgefüllte Datensatz verwendet. Zudem wurden Fälle mit fehlenden oder nicht interpretierbaren Angaben in zentralen Analysebereichen ausgeschlossen. Diese Vorgehensweise ist in Sekundärdatenanalysen nachvollziehbar, kann jedoch Selektionsmechanismen erzeugen.

Die Operationalisierung der Exposition erfolgte sowohl dichotom (Nutzung ja/nein) als auch über Nutzungsfrequenzen (nein/selten/regelmäßig) sowie produktgruppenspezifisch über Indikatorvariablen (genutzt ja/nein). Diese mehrstufige Operationalisierung stellt eine Stärke dar, da unterschiedliche Ausprägungsgrade und Kategorien betrachtet werden können. Gleichzeitig bleibt die Expositionsmessung inhaltlich relativ grob, da Angaben zu Dosis, Timing, Produktzusammensetzung und Kombinationsnutzung nicht modelliert wurden. Gerade im Kontext belastungsassoziierter GI-Symptome sind jedoch Dosierung und Einnahmezeitpunkt (z. B. vor/während der Belastung) sowie physikochemische Eigenschaften (z. B. Kohlenhydratkonzentration/Osmolarität, Zusatzstoffe, Süßstoffe, Koffein) hochrelevant. Damit ist ein erheblicher Anteil an Residualkonfundierung bzw. nicht erklärter Varianz wahrscheinlich, insbesondere bei Produktgruppen mit großer Heterogenität (z. B. „Proteinprodukte“, „Komplexpräparate“).

Die Modellierung wurde nachvollziehbar an die Outcome-Typen angepasst: Für dichotome Outcomes wurden logistische Regressionsmodelle (mit Adjustierung für Alter und Geschlecht) verwendet; für Symptomtage als Count-Outcome wurde aufgrund erwartbarer Overdispersion eine negative Binomialregression eingesetzt. Zudem wurden stratifizierte Analysen sowie Interaktionstests für Belastungsprofil bzw. Trainingsphase durchgeführt. Diese Vorgehensweise erhöht die methodische Transparenz und erlaubt eine differenzierte Betrachtung potenzieller Moderatoreffekte. Allerdings ist die Aussagekraft für Interaktionen/Stratifizierungen durch kleine Strata und geringe Fallzahlen in einzelnen Expositionsgruppen begrenzt, was sich in breiten Konfidenzintervallen und instabilen Schätzern widerspiegeln kann. Dies ist besonders ausgeprägt bei selten genutzten Produktgruppen sowie in kleinen Trainingsphasen-Gruppen (z. B. Off/aktuell verletzt).

Die Stichprobenzusammensetzung ist ebenfalls interpretativ relevant. Das Kollektiv ist im Mittel jung ($M \approx 18$ Jahre), und die Geschlechterverteilung ist deutlich unausgewogen (männlich 75%, weiblich 25%). Zudem verteilen sich Belastungsprofile und Trainingsphasen ungleich (z. B. überwiegend Ausdauerprofil; hohe Anteile in Vorbereitung und Wettkampfphase). Diese Struktur beeinflusst sowohl die externe Validität (Übertragbarkeit auf andere Leistungssportpopulationen, höhere Altersklassen oder weibliche Kohorten) als auch die Aussagekraft für subgruppenbasierte Analysen. Im Fragebogen erhobene Kontextvariablen wie der Zyklusstatus wurden in dieser Arbeit nicht

statistisch berücksichtigt, sodass potenziell zyklusabhängige Schwankungen als unkontrollierter Einflussfaktor verbleiben.

Schließlich ist zu berücksichtigen, dass mehrere Hypothesen und Endpunkte parallel geprüft wurden. Auch bei konsequenter Berichterstattung von Effektmaßen und Konfidenzintervallen erhöht eine Vielzahl an Tests die Wahrscheinlichkeit zufallsbedingter Signifikanzen. Daher ist der Fokus bei der Interpretation stärker auf Konsistenz über Outcomes, Plausibilität und Präzision der Schätzer (Konfidenzintervalle) zu legen als auf einzelne p-Werte.

Daraus wird ersichtlich, dass die Analyse geeignet ist, um praxisnahe Muster im Screening-Kontext sichtbar zu machen und Hypothesen zu generieren. Es sind jedoch kausale Schlussfolgerungen durch Design, Messniveau der Exposition und potenzielle Selektions- sowie Confounding-Effekte deutlich begrenzt.

5.2 Einordnung der Ergebnisse im Kontext des Forschungsstands

5.2.1 Prävalenz und Ausprägung gastrointestinaler Beschwerden

Die Prävalenz belastungsassoziierter GI-Beschwerden innerhalb der letzten 12 Monate (29,4%) sowie der Anteil mit mindestens einem Symptomtag in den letzten vier Trainingswochen (20,9%) verdeutlichen, dass GI-Symptome im untersuchten Leistungssportkollektiv ein relevantes Problem darstellen. Die beobachteten Prävalenzen liegen im unteren bis mittleren Bereich der in der Literatur beschriebenen Spannweite, was vor dem Hintergrund unterschiedlicher Erhebungszeiträume, Symptomdefinitionen, Sportarten und Belastungskontexte plausibel erscheint (de Oliveira et al., 2014; Ribichini et al., 2023; ter Steege & Kolkman, 2012).

Gleichzeitig zeigt die Verteilung der Symptomtage eine ausgeprägte Rechtsschiefe mit hoher Nullhäufigkeit (Median 0; IQR 0–0) und wenigen hohen Ausprägungen. Dieses Muster spricht für eine Subgruppe mit episodischer bzw. situativ hoher Symptomlast bei gleichzeitig großer Gruppe ohne berichtete Symptome im betrachteten Zeitraum. Dies ist auch mit der Literatur vereinbar, da belastungsassozierte GI-Beschwerden häufig nicht kontinuierlich, sondern kontext- und situationsabhängig auftreten und damit stark von Trainings- und Wettkampfbedingungen, Ernährungsstrategien sowie individuellen Prädispositionen beeinflusst werden (Costa et al., 2017; Ribichini et al., 2023).

Mittelwerte sind demnach nur eingeschränkt repräsentativ, und die Interpretation sollte die Nullinflation und potenzielle Heterogenität der Betroffenheit berücksichtigen.

5.2.2 Gesamtnutzung von NEM und GI-Outcome (H1)

Die Analysen zu H1 zeigen sowohl unadjustiert als auch nach Adjustierung für Alter und Geschlecht erhöhte Odds für GI-Beschwerden im 12-Monats-Rückblick und für mindestens einen Symptomtag

in den letzten vier Trainingswochen in der Nutzungsgruppe. Auch für die Symptomtage als Count-Outcome ergab sich im negativen Binomialmodell eine erhöhte erwartete Symptomlast. Damit zeigt sich über verschiedene Outcome-Operationalisierungen hinweg ein konsistenter Zusammenhang zwischen NEM-Nutzung und GI-Beschwerden. Dieser Befund ist grundsätzlich mit dem bisherigen Forschungsstand vereinbar, da NEM im Leistungssport häufig belastungsnah eingesetzt werden und ihre Verträglichkeit von Dosis, Timing, Konzentration, Produktmatrix und individueller Toleranz abhängt (Costa et al., 2017; de Oliveira et al., 2014; Garthe & Maughan, 2018).

Gleichzeitig ist die Gesamtnutzung von NEM als heterogene Exposition zu verstehen. Die beobachteten Assoziationen erlauben daher keine unmittelbare Schlussfolgerung auf einen direkten Produkt-effekt, sondern können auch Ausdruck belastungs- und verhaltensbezogener Unterschiede zwischen Nutzer*innen und Nicht-Nutzer*innen sein. Plausibel ist etwa, dass NEM-Nutzung mit Trainingsanforderungen, sportartspezifischen Routinen, belastungsnahen Ernährungsstrategien oder einer insgesamt höheren Supplement-Affinität verknüpft ist, die ihrerseits das Risiko für GI-Beschwerden beeinflussen können (Garthe & Maughan, 2018; Knapik et al., 2016; Maughan et al., 2018). Hinzu kommt, dass individuelle Prädispositionen das Nutzungsverhalten in gegenläufige Richtungen beeinflussen können: Athlet*innen mit bekannten Empfindlichkeiten vermeiden bestimmte Produkte, während andere gezielt Präparate zur Symptomkontrolle oder Verträglichkeitsoptimierung einsetzen. Dadurch sind Selektions- und Confounding-Mechanismen möglich, sodass die beobachteten Zusammenhänge nicht kausal interpretiert werden können (Ribichini et al., 2023; Wardenaar et al., 2023).

5.2.3 Produktspezifische Zusammenhänge (H2/H3)

Die produktgruppenspezifischen Ergebnisse zeigen ein nicht homogenes Muster: Kohlenhydratprodukte und isotonische Getränke wiesen die stärksten Assoziationen mit beiden dichotomen Outcomes auf, während für Proteinprodukte und Komplexpräparate keine statistisch signifikanten Assoziationen beobachtet wurden. Vitaminpräparate und Mineralstoffe waren ebenfalls mit erhöhten Odds assoziiert. Die Befunde zu Kohlenhydratprodukten und isotonischen Getränken sind plausibel und gut an den bestehenden Forschungsstand anschlussfähig, da belastungsnahe Kohlenhydratzufuhr wiederholt mit GI-Toleranz, Zufuhrmenge, Konzentration/Osmolarität sowie intestinalen Transportprozessen in Verbindung gebracht wurde (de Oliveira et al., 2014; A. Jeukendrup, 2014; Rowe et al., 2022; Wilson, 2015). Gerade bei hochkonzentrierten oder hyperosmolaren Lösungen sowie bei unzureichend trainierter Verträglichkeit kann die Umsetzung leistungsphysiologisch sinnvoller Kohlenhydratratens durch GI-Symptome limitiert sein (Costa et al., 2017; de Oliveira et al., 2014; A. E. Jeukendrup, 2017).

Gleichzeitig ist die Interpretation insbesondere für Kohlenhydratprodukte aufgrund der sehr kleinen Nutzergruppe vorsichtig vorzunehmen. Die breiten Konfidenzintervalle sprechen für eine geringe Präzision der Schätzung, sodass die beobachteten Effektgrößen eher als Hinweis auf ein plausibles

Muster denn als exakte Risikoschätzung zu verstehen sind. Ähnliches gilt für isotonische Getränke, bei denen ohne detaillierte Informationen zu Konzentration, Zufuhrmenge, Einnahmezeitpunkt und Belastungskontext keine eindeutige mechanistische Zuordnung zum Produkt allein möglich ist.

Der fehlende statistisch signifikante Zusammenhang für Proteinprodukte und Komplexpräparate spricht gegen eine pauschale Gleichsetzung von Supplementnutzung und GI-Risiko. Zugleich bleibt offen, ob der Nullbefund eine tatsächliche Irrelevanz dieser Produktgruppen widerspiegelt oder ob die grobe Kategorisierung potenziell relevante Unterschiede innerhalb der Gruppen verdeckt. Gerade Proteinprodukte unterscheiden sich deutlich hinsichtlich Proteinquelle, Laktosegehalt, Süßstoffen, Zusatzstoffen und Einnahmekontext, was in der vorliegenden Operationalisierung nicht abgebildet werden konnte (Moreno-Pérez et al., 2018; Ulluwishewa et al., 2024; Wardenaar et al., 2023).

Die Assoziationen für Vitaminpräparate und Mineralstoffe sind besonders zurückhaltend zu interpretieren. Für diese Produktgruppen bestehen im Vergleich zu kohlenhydrat- und flüssigkeitsbasierten Strategien weniger konsistente belastungsphysiologische Mechanismen für eine akute GI-Symptomatik. Zudem bestand zwischen beiden Produktgruppen eine substanzielle Nutzerüberlappung. Die beobachteten Befunde könnten daher eher Nutzerprofile, allgemeine Supplement-Affinität, die Co-Nutzung weiterer Produkte oder eine symptomgetriebene Nutzung widerspiegeln als einen direkten Produkteffekt. Hinzu kommt, dass nicht auszuschließen ist, dass Teilnehmende Vitamin- und Mineralstoffpräparate in der Selbstauskunft teilweise nicht eindeutig voneinander abgegrenzt, sondern eher als ähnliche Produktkategorien eingeordnet haben. Da Angaben zu Präparattyp, Zusammensetzung, Dosierung, Einnahmezeitpunkt und Kombinationsnutzung nicht differenziert vorlagen, bleibt die mechanistische Einordnung limitiert (Maughan et al., 2018; Wardenaar et al., 2023).

5.2.4 Belastungsprofil und Trainingsphase als Kontextfaktoren (H4/H5)

Die Analysen zu H4 und H5 deuten auf kontextabhängige Unterschiede hin, liefern jedoch nur eingeschränkte Evidenz für robuste Moderatoreffekte. Für das Belastungsprofil zeigte sich in den stratifizierten Analysen eine stärkere Assoziation im Ausdauerprofil, während der formale Interaktionstest nicht statistisch signifikant war. Inhaltlich ist ein stärkerer Zusammenhang im Ausdauerkontext plausibel, da längere Belastungsdauer, häufigere belastungsnahe Ernährungsstrategien und höhere Exposition gegenüber klassischen Ex-GIS-Triggerern gerade in Ausdauersettings wiederholt beschrieben wurden (Costa et al., 2017; de Oliveira et al., 2014; Ribichini et al., 2023). Aufgrund der begrenzten Fallzahlen innerhalb der Strata ist jedoch offen, inwieweit die fehlende Signifikanz des Interaktionstests auf tatsächlich fehlende Effektdifferenzen oder auf unzureichende Teststärke zurückzuführen ist.

Auch die Ergebnisse zur Trainingsphase sprechen eher für plausible Kontextunterschiede als für belastbare phasenspezifische Moderation. In Vorbereitung und im wettkampfnahen Zeitraum lagen die Odds Ratios oberhalb von 1, während die Gruppe Off/Verletzt durch kleine Fallzahlen und

entsprechend breite Konfidenzintervalle geprägt war. Dies ist grundsätzlich mit der Annahme vereinbar, dass Belastungsumfang, Wettkampfnähe und die damit verbundene Ernährungsstrategie die GI-Belastung mit beeinflussen können (Costa et al., 2017; de Oliveira et al., 2014). Das multivariate Modell unter Einbezug der Trainingsphase bestätigte zwar den Zusammenhang zwischen Gesamtnutzung und GI-Beschwerden, zeigte jedoch keine signifikanten Haupteffekte der Trainingsphase. Insgesamt liefern die Daten damit eher Hinweise auf kontextabhängige Unterschiede.

5.3 Forschungsdesign und Literaturbasis

Die Arbeit folgt einem transparenten, mehrstufigen Vorgehen der Literatursichtung (Titel-/Abstract-/Volltextscreening, ergänzt durch Schneeballsuche) und fokussiert überwiegend peer-reviewte Publikationen mit Bezug zu sportlicher Belastung und GI-Symptomen. Gleichzeitig wird explizit benannt, dass keine systematische Literaturrecherche im PRISMA-Sinn durchgeführt wurde. Dies bedeutet, dass der Forschungsstand zwar strukturiert und plausibel herangezogen wird, jedoch nicht als vollständige oder systematisch erschöpfende Evidenzbasis interpretiert werden kann. Dies ist insbesondere relevant, wenn aus dem theoretischen Teil starke mechanistische Schlussfolgerungen abgeleitet werden.

5.4 Praktische Implikationen

Die vorliegenden Befunde verdeutlichen, dass der Einsatz von NEM im Leistungssport nicht ausschließlich unter leistungsbezogenen Gesichtspunkten bewertet werden sollte, sondern auch im Hinblick auf die individuelle gastrointestinale Verträglichkeit. Insbesondere bei Athlet*innen mit wiederkehrenden GI-Beschwerden erscheint es angezeigt, belastungsnah konsumierte Produkte wie Kohlenhydratpräparate oder isotonische Getränke systematisch in Anamnese, Betreuung und sporternährungsbezogene Beratung einzubeziehen. Aus praktischer Perspektive ergibt sich daraus die Notwendigkeit, nicht nur die Anwendung von NEM, sondern auch produktspezifische Merkmale wie Inhaltsstoffe, Dosierung, Darreichungsform und Einnahmezeitpunkt im Verhältnis zur Belastung differenziert zu erfassen und zu bewerten. Dies ist auch vor dem Hintergrund bestehender Empfehlungen zur Individualisierung von Kohlenhydratzufuhr, Produktverträglichkeit und „gut training“ von Relevanz.

Darüber hinaus legen die Ergebnisse nahe, bestehende Screening-Ansätze um potenziell relevante Einflussgrößen wie psychischen Stress, trainingsbezogene Belastung, bekannte GI-Vorbeschwerden, individuelle Unverträglichkeiten sowie weitere ernährungs- und alltagsbezogene Stressoren zu erweitern. Da diese Faktoren die Entstehung und Wahrnehmung gastrointestinaler Beschwerden wesentlich mitbestimmen und zugleich als potenzielle Confounder wirken können, erscheint eine

möglichst zeitnahe, idealerweise prospektive Erfassung gegenüber rein retrospektiven Angaben methodisch und praktisch vorteilhaft. Für Athletinnen sollte zusätzlich berücksichtigt werden, dass GI-Beschwerden auch menstruationsassoziiert auftreten können und somit nicht zwangsläufig im Zusammenhang mit Ernährungsverhalten oder NEM-Nutzung stehen. Eine differenziertere Erhebung zyklusbezogener Variablen könnte daher zur besseren Einordnung der Symptomatik beitragen.

5.5 Limitationen und methodische Konsequenzen für zukünftige Studien

Die zentralen Limitationen der vorliegenden Arbeit ergeben sich aus dem beobachtenden, fragebogenbasierten Design, der fehlenden zeitlichen Kausalordnung sowie der vergleichsweise groben Expositionsmessung. Da weder Dosis, Einnahmezeitpunkt noch genaue Produktzusammensetzung systematisch modelliert werden konnten, ist die interpretative Trennschärfe der beobachteten Assoziationen begrenzt. Gerade bei belastungsassoziierten GI-Beschwerden ist jedoch davon auszugehen, dass die Verträglichkeit wesentlich durch die konkrete Formulierung, die Zufuhrmenge, die Osmolarität, den Belastungskontext sowie die individuelle Toleranz bestimmt wird (Costa et al., 2017; de Oliveira et al., 2014; Rowe et al., 2022). Hinzu kommen potenzielle Recall- und Reporting-Bias, insbesondere im 12-Monats-Rückblick.

Ein weiterer Limitationspunkt besteht darin, dass relevante Kontextfaktoren nur eingeschränkt berücksichtigt werden konnten. Dazu zählen etwa psychischer Stress, Schlaf, Infekte, Umweltbedingungen, Hydratationsstatus, bekannte GI-Vorerkrankungen oder individuelle Unverträglichkeiten. Ebenso wurden menstruationszyklusbezogene Einflussfaktoren nicht statistisch berücksichtigt. Da GI-Beschwerden bei Athletinnen auch zyklusassoziiert auftreten können und somit nicht zwingend mit Ernährungsverhalten oder Supplementnutzung zusammenhängen (Jamieson et al., 2025), ist ein residualer Confounding-Effekt möglich. Die fehlende Berücksichtigung dieses Faktors schränkt die interpretative Trennschärfe der beobachteten Zusammenhänge zusätzlich ein.

Für zukünftige Forschung ergeben sich daraus mehrere methodische Konsequenzen. Erforderlich erscheinen prospektive, kontextreiche Studiendesigns mit wiederholten Messungen, beispielsweise app- oder tagebuchbasiert, um Symptomverläufe, Supplementnutzung und Belastungskontexte zeitnah abzubilden und Recall-Bias zu reduzieren. Darüber hinaus sollten Produktgruppen stärker ausdifferenziert und um Angaben zu Inhaltsstoffen, Dosierung, Einnahmezeitpunkt, Produktmatrix, Co-Nutzung und individuellen Verträglichkeitsmerkmalen ergänzt werden. Kontextvariablen wie Trainingsintensität, Hitze, Dehydration, psychischer Stress, bekannte GI-Beschwerden sowie zyklusbezogene Faktoren sollten systematisch mit erfasst werden, um potenzielle Confounding-Effekte besser kontrollieren zu können. Schließlich sollten Analysen zu Interaktionen und Subgruppen a priori geplant und mit ausreichender Fallzahl umgesetzt werden, um belastbare Aussagen zu potenziellen Moderatoreffekten treffen zu können.

6. Fazit

Im Rahmen dieser Arbeit wurde anhand einer Sekundäranalyse von Daten des Nutr-e-Screen-Projekts untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen der Nutzung von NEM und GI-Beschwerden bei Kaderathlet*innen besteht, ob sich dieser nach Produktgruppe unterscheidet und inwiefern sportbezogene Kontextfaktoren wie Belastungsprofil und Trainingsphase dabei eine Rolle spielen.

Die Ergebnisse zeigen zunächst, dass die Nutzung von NEM insgesamt mit einer erhöhten gastrointestinalen Beschwerdelast assoziiert war. Athlet*innen der Nutzungsgruppe berichteten häufiger über GI-Beschwerden im 12-Monats-Rückblick und wiesen zudem häufiger mindestens einen Symptomtag in den letzten vier Trainingswochen auf. Auch für die Anzahl der Symptomtage ergab sich ein signifikanter Zusammenhang, sodass sich über mehrere Outcome-Definitionen hinweg ein konsistentes Muster erkennen ließ.

Darüber hinaus wurde deutlich, dass die beobachteten Zusammenhänge nicht für alle Produktgruppen gleichermaßen ausgeprägt waren. Besonders auffällig waren die Befunde für Kohlenhydratprodukte und isotonische Getränke, während sich für Proteinprodukte und Komplexpräparate keine statistisch signifikanten Assoziationen zeigten. Für Vitamin- und Mineralstoffpräparate ergaben sich ebenfalls erhöhte Odds, deren Einordnung aufgrund der begrenzten Expositions differenzierung und möglicher Confounding-Effekte jedoch mit Zurückhaltung erfolgen muss.

Auch die Analyse sportbezogener Kontextfaktoren deutet auf Unterschiede hin. Vor allem im Ausdauerprofil sowie in der Vorbereitungs- und wettkampfnahen Phase zeigten sich tendenziell stärkere Zusammenhänge. Gleichzeitig blieb die Evidenz für belastbare Moderatoreffekte begrenzt, da die Interaktionstests nicht signifikant ausfielen und einzelne stratifizierte Analysen nur auf kleinen Fallzahlen beruhten.

Insgesamt unterstreichen die Befunde, dass die Nutzung von NEM im Leistungssport nicht unabhängig von ihrer gastrointestinalen Verträglichkeit betrachtet werden sollte. Zugleich sind die Ergebnisse vor dem Hintergrund des beobachtenden Studiendesigns, der retrospektiven Erhebung und der begrenzten Differenzierung der Exposition vorsichtig zu interpretieren, sodass keine kausalen Schlussfolgerungen möglich sind. Die Arbeit liefert damit vor allem hypothesengenerierende Hinweise und macht deutlich, dass zukünftige Studien prospektiver angelegt und produktspezifische, belastungsbezogene sowie individuelle Einflussfaktoren differenzierter erfassen sollten.

Literaturverzeichnis

- Al-Beltagi, M., Saeed, N. K., Bediwy, A. S., El-Sawaf, Y., Elbatarny, A., & Elbeltagi, R. (2025). Exploring the gut-exercise link: A systematic review of gastrointestinal disorders in physical activity. *World Journal of Gastroenterology*, 31(22), 106835. <https://doi.org/10.3748/wjg.v31.i22.106835>
- BVL - Nahrungsergänzungsmittel. (o. J.). Abgerufen 20. März 2026, von https://www.bvl.bund.de/DE/Arbeitsbereiche/01_Lebensmittel/03_Verbraucher/04_NEM/NEM_node.html
- Cao, W., He, Y., Fu, R., Chen, Y., Yu, J., & He, Z. (2025). A Review of Carbohydrate Supplementation Approaches and Strategies for Optimizing Performance in Elite Long-Distance Endurance. *Nutrients*, 17(5), 918. <https://doi.org/10.3390/nu17050918>
- Costa, R. J. S., Gaskell, S. K., McCubbin, A. J., & Snipe, R. M. J. (2019). Exertional-heat stress-associated gastrointestinal perturbations during Olympic sports: Management strategies for athletes preparing and competing in the 2020 Tokyo Olympic Games. *Temperature: Multidisciplinary Biomedical Journal*, 7(1), 58–88. <https://doi.org/10.1080/23328940.2019.1597676>
- Costa, R. J. S., Mika, A. S., & McCubbin, A. J. (2022). The impact of exercise modality on exercise-induced gastrointestinal syndrome and associated gastrointestinal symptoms. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 25(10), 788–793. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2022.07.003>
- Costa, R. J. S., Snipe, R. M. J., Kitic, C. M., & Gibson, P. R. (2017). Systematic review: Exercise-induced gastrointestinal syndrome-implications for health and intestinal disease. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 46(3), 246–265. <https://doi.org/10.1111/apt.14157>
- de Oliveira, E. P., Burini, R. C., & Jeukendrup, A. (2014). Gastrointestinal complaints during exercise: Prevalence, etiology, and nutritional recommendations. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 44 Suppl 1(Suppl 1), S79-85. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0153-2>
- Durkalec-Michalski, K., Zawieja, E. E., Podgórski, T., Łoniewski, I., Zawieja, B. E., Warzybok, M., & Jeszka, J. (2018). The effect of chronic progressive-dose sodium bicarbonate ingestion on

- CrossFit-like performance: A double-blind, randomized cross-over trial. *PLoS ONE*, 13(5), e0197480. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197480>
- Garthe, I., & Maughan, R. J. (2018). Athletes and Supplements: Prevalence and Perspectives. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 28(2), 126–138. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2017-0429>
- Heydenreich, J. (2024). *Nutr-e-Screen—Digitalisierung und Standardisierung der Ernährungsbetreuung zur frühzeitigen Identifikation ernährungsbezogener Gesundheits- und Leistungsrisiken insbesondere bei weiblichen Athleten*. Universität Leipzig / Experimentelle Sporternährung.
- Jamieson, J. A., Olynyk, C., Harvie, R., & O'Brien, S. (2025). 'Uncomfortable and Embarrassed': The Stigma of Gastrointestinal Symptoms as a Barrier to Accessing Care and Support for Collegiate Athletes. *Dietetics*, 4(1), 11. <https://doi.org/10.3390/dietetics4010011>
- Jentjens, R. L. P. G., Moseley, L., Waring, R. H., Harding, L. K., & Jeukendrup, A. E. (2004). Oxidation of combined ingestion of glucose and fructose during exercise. *Journal of Applied Physiology*. (world). <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00974.2003>
- Jeukendrup, A. (2014). A Step Towards Personalized Sports Nutrition: Carbohydrate Intake During Exercise. *Sports Medicine*, 44(1), 25–33. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0148-z>
- Jeukendrup, A. E. (2010). Carbohydrate and exercise performance: The role of multiple transportable carbohydrates. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 13(4), 452. <https://doi.org/10.1097/MCO.0b013e328339de9f>
- Jeukendrup, A. E. (2017). Training the Gut for Athletes. *Sports Medicine*, 47(1), 101–110. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0690-6>
- Knapik, J. J., Steelman, R. A., Hoedebecke, S. S., Austin, K. G., Farina, E. K., & Lieberman, H. R. (2016). Prevalence of Dietary Supplement Use by Athletes: Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 46(1), 103–123. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0387-7>
- Lis, D. M., Stellingwerff, T., Kitic, C. M., Fell, J. W., & Ahuja, K. D. K. (2018). Low FODMAP: A Preliminary Strategy to Reduce Gastrointestinal Distress in Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 50(1), 116. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001419>

- Martínez-Sanz, J. M., Sospedra, I., Mañas Ortiz, C., Baladía, E., Gil-Izquierdo, A., & Ortiz-Moncada, R. (2017). Intended or Unintended Doping? A Review of the Presence of Doping Substances in Dietary Supplements Used in Sports. *Nutrients*, 9(10), 1093. <https://doi.org/10.3390/nu9101093>
- Maughan, R. J., Burke, L. M., Dvorak, J., Larson-Meyer, D. E., Peeling, P., Phillips, S. M., Rawson, E. S., Walsh, N. P., Garthe, I., Geyer, H., Meeusen, R., Loon, L. van, Shirreffs, S. M., Spriet, L. L., Stuart, M., Vernec, A., Currell, K., Ali, V. M., Budgett, R. G. M., ... Engebretsen, L. (2018). IOC Consensus Statement: Dietary Supplements and the High-Performance Athlete. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 28(2), 104–125. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0020>
- Mlinaric, J., & Mohorko, N. (2025). Nutritional strategies for minimizing gastrointestinal symptoms during endurance exercise: Systematic review of the literature. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 22(1), 2529910. <https://doi.org/10.1080/15502783.2025.2529910>
- Moreno-Pérez, D., Bressa, C., Bailén, M., Hamed-Bousdar, S., Naclerio, F., Carmona, M., Pérez, M., González-Soltero, R., Montalvo-Lominchar, M. G., Carabaña, C., & Larrosa, M. (2018). Effect of a Protein Supplement on the Gut Microbiota of Endurance Athletes: A Randomized, Controlled, Double-Blind Pilot Study. *Nutrients*, 10(3), 337. <https://doi.org/10.3390/nu10030337>
- Ostojic, S. M., & Ahmetovic, Z. (2008). Gastrointestinal Distress After Creatine Supplementation in Athletes: Are Side Effects Dose Dependent? *Research in Sports Medicine*, 16(1), 15–22. <https://doi.org/10.1080/15438620701693280>
- Parnell, J. A., Wagner-Jones, K., Madden, R. F., & Erdman, K. A. (2020). Dietary restrictions in endurance runners to mitigate exercise-induced gastrointestinal symptoms. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 17, 32. <https://doi.org/10.1186/s12970-020-00361-w>
- Ribichini, E., Scalese, G., Cesarini, A., Mocci, C., Pallotta, N., Severi, C., & Corazziari, E. S. (2023). Exercise-Induced Gastrointestinal Symptoms in Endurance Sports: A Review of

- Pathophysiology, Symptoms, and Nutritional Management. *Dietetics*, 2(3), 289–307. <https://doi.org/10.3390/dietetics2030021>
- Rowe, J. T., King, R. F. G. J., King, A. J., Morrison, D. J., Preston, T., Wilson, O. J., & O'hara, J. P. (2022). Glucose and Fructose Hydrogel Enhances Running Performance, Exogenous Carbohydrate Oxidation, and Gastrointestinal Tolerance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 54(1), 129. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002764>
- Sareban, M., Zügel, D., Koehler, K., Hartveg, P., Zügel, M., Schumann, U., Steinacker, J. M., & Treff, G. (2016). Carbohydrate Intake in Form of Gel Is Associated With Increased Gastrointestinal Distress but Not With Performance Differences Compared With Liquid Carbohydrate Ingestion During Simulated Long-Distance Triathlon. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 26(2), 114–122. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2015-0060>
- Supplements* | ASC. (o. J.). Abgerufen 30. Dezember 2025, von <https://www.ausport.gov.au/ais/nutrition/supplements>
- ter Steege, R. W. F., & Kolkman, J. J. (2012). Review article: The pathophysiology and management of gastrointestinal symptoms during physical exercise, and the role of splanchnic blood flow. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 35(5), 516–528. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2036.2011.04980.x>
- Ulluwishewa, D., Nicholls, G., Henderson, H., Bernstein, D., Fraser, K., Barnett, M. P. G., & Barnes, M. J. (2024). Effects of bovine whey protein on exercise-induced gut permeability in healthy adults: A randomised controlled trial. *European Journal of Applied Physiology*, 124(7), 2045–2056. <https://doi.org/10.1007/s00421-024-05423-4>
- Wardenaar, F. C., Schott, K. D., Mohr, A. E., Ortega-Santos, C. P., & Connolly, J. E. (2023). An Exploratory Study Investigating the Prevalence of Gastrointestinal Symptoms in Collegiate Division I American Football Athletes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(15), 6453. <https://doi.org/10.3390/ijerph20156453>

Wilson, P. B. (2015). Multiple Transportable Carbohydrates During Exercise: Current Limitations and Directions for Future Research. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(7), 2056. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000835>

Anhang

Tabelle A1: Unadjustierte Assoziationen nach Produktgruppen und GI-Outcomes

Produkt	Outcome	Test	p	OR	OR_95 CI	n (Nutzung= 1)
Kohlenhydratprodukte	GI_12M	Fisher	0.0011	7.923 1	2.09– 30.03	12
Kohlenhydratprodukte	Symptom- tag_4W	Fisher	0.0006	8.518 5	2.47– 29.33	12
Isotonische_Getränke	GI_12M	Chi ²	0.0119	2.671 2	1.21– 5.87	28
Isotonische_Getränke	Symptom- tag_4W	Chi ²	0.0122	2.753 2	1.22– 6.24	28
Proteinprodukte	GI_12M	Chi ²	0.2852	1.338 1	0.78– 2.28	89
Proteinprodukte	Symptom- tag_4W	Chi ²	0.0951	1.642 1	0.91– 2.95	89
Vitaminpräparate	GI_12M	Chi ²	0.0010	2.416 3	1.42– 4.11	86
Vitaminpräparate	Symptom- tag_4W	Chi ²	4.39e- 05	3.254 5	1.82– 5.83	86
Mineralstoffe	GI_12M	Chi ²	0.0003	2.601 2	1.53– 4.43	86
Mineralstoffe	Symptom- tag_4W	Chi ²	4.39e- 05	3.254 5	1.82– 5.83	86
Komplexpräparate	GI_12M	Chi ²	0.2935	1.387 7	0.75– 2.56	57
Komplexpräparate	Symptom- tag_4W	Chi ²	0.0668	1.832 2	0.95– 3.52	57

Anmerkung. OR = Odds Ratio; 95%-KI = 95%-Konfidenzintervall; GI_12M = GI-Beschwerden innerhalb der letzten 12 Monate; Symptomtag_4W = mindestens ein Symptomtag in den letzten vier Trainingswochen

Tabelle A2: Interaktionstest zwischen Nutzung und Belastungsprofil im logistischen Regressionsmodell

Prädiktor	Regressionskoeffizient (β)	Standardfehler	z-Wert	p-Wert	95%-KI Unter-grenze	95%-KI Ober-grenze
Konstante	-1.7489	0.8578	-2.0389	0.0415	-3.4301	-0.0677
Belastungsprofil: Ausdauer	-1.9090	1.2063	-1.5826	0.1135	-4.2733	0.4552
Belastungsprofil: Ball	-0.6581	0.8917	-0.7381	0.4605	-2.4058	1.0895
Geschlecht: weiblich	-0.1381	0.3685	-0.3748	0.7078	-0.8605	0.5842
NEM Nutzung	0.1968	0.7230	0.2721	0.7855	-1.2204	1.6139
Interaktion: NEM-Nutzung x Ausdauer	2.0148	1.2621	1.5964	0.1104	-0.4588	4.4884
Interaktion: NEM Nutzung x Ball	0.5647	0.9970	0.5664	0.5711	-1.3894	2.5187
Alter (Jahre)	0.0230	0.0339	0.6794	0.4969	-0.0434	0.0894

Anmerkung. Dargestellt sind die Regressionskoeffizienten eines logistischen Regressionsmodells zur Prüfung der Interaktion zwischen NEM-Nutzung und Belastungsprofil in Bezug auf GI-Beschwerden innerhalb der letzten 12 Monate. β = Regressionskoeffizient; 95%-KI = 95%-Konfidenzintervall.

NUTReScreen

Bitte füllen Sie den Fragebogen zu Hause aus und bringen Sie ihn zur nächsten sportmedizinischen Untersuchung mit.

Gelb markierte Flächen werden vom Untersuchungszentrum ausgefüllt.

ALLGEMEINER ERNÄHRUNGSZUSTAND

Datum:

1. ALLGEMEINE INFORMATIONEN

Hauptsportart:

Alter (Jahre):

Disziplin

Körpergewicht (kg):

Geschlecht:

☐ weiblich

☐ männlich

☐ divers

Körpergröße (cm):

Derzeitige Kaderzugehörigkeit:

☐ Olympiakader

☐ Ergänzungskader

☐ Nachwuchskader I

☐ Landeskader

☐ Perspektivkader

☐ Teamkader

☐ Nachwuchskader II

☐ Keine

In welcher Trainings-/Wettkampfphase befinden Sie sich gerade?

☐ Vorbereitungsphase

☐ Wettkampfphase

☐ Unmittelbare Wettkampfvorbereitung

☐ Übergangsphase (Off-Season)

☐ Tapering-Phase (etwa 1–2 Wochen vor dem Wettkampf)

☐ Aktuell verletzt

Wie viele Stunden Sport treiben Sie in Ihrer aktuellen Trainingsphase?

Stunden pro Woche:

Waren Sie in den letzten 12 Monaten krank (z.B. Atemwegsinfektion)?
(Ausgenommen Verletzungen)

☐ Ja

☐ Nein

Falls ja: Bitte machen Sie hier nähere Angaben zu Ihren Erkrankungen der letzten 12 Monate.

Erkrankung 1

Erkrankung 2

Erkrankung 3

Art der Erkrankung:

Häufigkeit:

Trainingsausfall (Tage):

Alternativtraining (Tage):

Weitere Bemerkungen zu Ihren Erkrankungen der letzten 12 Monate (optional):

Waren Sie in den letzten 12 Monaten verletzt (z.B. Ermüdungsbruch, Sehnenentzündung)?

☐ Ja

☐ Nein

Falls ja: Bitte machen Sie hier nähere Angaben zu Ihren Verletzungen der letzten 12 Monate.

Verletzung 1

Verletzung 2

Verletzung 3

Art der Erkrankung:

Häufigkeit:

Trainingsausfall (Tage):

Alternativtraining (Tage):

Weitere Bemerkungen zu Ihren Verletzungen der letzten 12 Monate (optional):

Ernährungszustand ohne Befund:

☐ Ja

☐ Nein

Bemerkungen des Untersuchers:

2. ERNÄHRUNG

	mal pro Woche							
	0	1	2	3	4	5	6	7
An wie vielen Tagen frühstücken Sie üblicherweise?	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
An wie vielen Tagen verzehren Sie üblicherweise eine Mittagsmahlzeit?	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
An wie vielen Tagen nehmen Sie üblicherweise ein Abendessen ein?	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Wie viele warme Mahlzeiten verzehren Sie üblicherweise? (pro Woche)

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10 ☐ 11 ☐ 12 ☐ 13 ☐ 14 ☐ 15 ☐ 16 ☐ 17 ☐ 18

Wie viele Zwischenmahlzeiten nehmen Sie üblicherweise ein? (pro Tag)

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

Wie häufig haben Sie in den letzten 4 Wochen eine Portion der folgenden Lebensmittel gegessen oder Getränke konsumiert? Bitte treffen Sie pro Lebensmittelgruppe eine Auswahl.

Diese Lebensmittel esse ich üblicherweise:	(fast) nie	1-2x/Wo	3-5x/Wo	1x ägl	2x ägl	3x ägl	≥4x ägl
Brot, Getreideflocken:	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Kartoffeln, Nudeln, Reis:	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Gemüse (Gegart, Rohkost/ Salat, Gemüsesaft):	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Milch, Milchprodukte (z.B. Käse, Joghurt, Quark):	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Fleisch, Wurst, Aufschnitt:	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Fisch, Meeresfrüchte:	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Eier (inkl. Eier in Teig- und Backwaren):	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Pflanzenöle, Butter, Margarine:	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Süßigkeiten, Knabberartikel:	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Wasser (z.B. Mineralwasser, ungesüßter Tee):	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Zuckergesüßte Getränke (z.B. Eistee, Cola, Limo):	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Alkoholische Getränke:	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Ich ernähre mich:

☐ omnivor ☐ vegan ☐ vegetarisch ☐ andere Kostform

Falls andere spezielle Kostform (z.B. „Low Carb“), welche?

Welche Art von süß schmeckenden Lebensmitteln bevorzugen Sie?

☐ Zuckergesüßte Getränke und Speisen ☐ beides gleichermaßen

☐ Süßstoffgesüßte (Light-)Produkte ☐ Ich achte nicht darauf

Verzichten Sie auf bestimmte Lebensmittel? ☐ Ja ☐ Nein

Wenn ja, auf welche?

Wenn ja, warum?

Gibt es in Ihrem (sportlichen) Umfeld jemanden, dessen Ernährungsverhalten auf eine mögliche Essstörung hinweisen könnte?

☐ Ja ☐ Nein ☐ Kann ich nicht beurteilen

Wie gut würden Sie in Schulnoten Ihr sportspezifisches Ernährungswissen einschätzen?

☐ 1 = sehr gut ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 = ungenügend

Wie gut gelingt es, in Schulnoten ausgedrückt, Ihr sportspezifisches Ernährungswissen im Trainingsalltag umzusetzen?

☐ 1 = sehr gut ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 = ungenügend

MitzeitendeBfurd	LebensmittelzusammensetzungBfurd
☐ Ja ☐ Nein	☐ Ja ☐ Nein
BemerkungendesUltraschus	

3. CASIRINESIMAEUNDENSGIGERSAVERKEN

Triden bei Ihnen innerhalb eines Monats Gewichtsverknugenauf?		☐ Ja ☐ Nein	
Falls ja, um wie viel Kilogramm? (Bitte Durchschnittswert angeben)		kg	
Um wie viel Kilogramm vermindert Ihr Körpergewicht in der Off-Saison von Ihrem Vollkorpengewicht ab? (Bitte Durchschnittswert angeben)		kg	
Hatten Sie in den letzten 12 Monaten während des Trainings tagsüblicheweise Probleme mit Magen-Darm-Beschwerden?			
Dazu zählen z.B. Übelkeit, Sodbrennen, Magen- bzw. Bauchschmerzen, Erbrechen, Durchfall, Verstopfung und Blut im Stuhl.		☐ Ja ☐ Nein	
Falls ja, Bitte nach der Sehenswürdigkeit der Anzahl der von Magen-Darm-Beschwerden in den letzten 12 Monaten in den letzten 12 Monaten während des Trainings üblicheweise eintretenden Symptome aufgeben?			
Übelkeit	☐ Ja ☐ Nein	Durchfall:	☐ Ja ☐ Nein
Sodbrennen	☐ Ja ☐ Nein	Verstopfung	☐ Ja ☐ Nein
Magen- bzw. Bauchschmerzen	☐ Ja ☐ Nein	Blut im Stuhl	☐ Ja ☐ Nein
Erbrechen	☐ Ja ☐ Nein		
Falls ja, Bitte nach der Sehenswürdigkeit der Anzahl der von Magen-Darm-Beschwerden in den letzten 4 Trainingswochen in den letzten 4 Trainingswochen eintretenden Symptome aufgeben?			
Übelkeit	Tage	Durchfall:	Tage
Sodbrennen	Tage	Verstopfung	Tage
Magen- bzw. Bauchschmerzen	Tage	Blut im Stuhl	Tage
Erbrechen	Tage		
Hatten Sie in der letzten Erkrankung der Leber, Galle oder Bauchspeicheldrüse?		☐ Ja ☐ Nein	
Versuchen Sie durch Reduktion der Essensmenge Ihr Körpergewicht oder Ihre Figur zu verlieren?		☐ Ja ☐ Nein	
Essen Sie nach mal längerer Zeit (länger als 8 Stunden ausgenommen Schlafzeiten) nichts, um damit Ihr Körpergewicht oder Ihre Figur zu verlieren?		☐ Ja ☐ Nein	
Versuchen Sie durch Verzicht auf Lebensmittel, die Sie eigentlich mögen, Ihr Körpergewicht oder Ihre Figur zu verlieren?		☐ Ja ☐ Nein	
Versuchen Sie durch geringere Essensportionen (z.B. "Kleinportionen") festgelegte Essensmengen oder Regeln (am und aus der Saison) Ihr Körpergewicht oder Ihre Figur zu verlieren?		☐ Ja ☐ Nein	
Haben Sie häufiger die Wut, Schere oder Magen zu haben?		☐ Ja ☐ Nein	

OneBfurd
☐ Ja ☐ Nein
BemerkungendesUltraschus

KOHLENHYDRATFRAGEN

	KHhydrate1	KHhydrate2	KHhydrate3
Produkt/Wirkstoff:			
Hersteller:			
Dosierung/Einheit:			
Häufigkeit:			

PROTEINFRAGEN

	Protein1	Protein2	Protein3
Produkt/Wirkstoff:			
Hersteller:			
Dosierung/Einheit:			
Häufigkeit:			

FETTSÄUREN

	Fettsäure1	Fettsäure2	Fettsäure3
Produkt/Wirkstoff:			
Hersteller:			
Dosierung/Einheit:			
Häufigkeit:			

FLANZLICHEFRAGEN

	Fl. Präparat1	Fl. Präparat2	Fl. Präparat3
Produkt/Wirkstoff:			
Hersteller:			
Dosierung/Einheit:			
Häufigkeit:			

ISOTHERMIKE

	Isotränk1	Isotränk2	Isotränk3
Produkt/Wirkstoff:			
Hersteller:			
Menge/Portion:			
Häufigkeit:			

SONSTIGES

	Sonstiges1	Sonstiges2	Sonstiges3
Produkt/Wirkstoff:			
Hersteller:			
Dosierung/Einheit:			
Häufigkeit:			

Welche Einnahme/Ergänzungen zur Einnahme von NEM und Spilleprodukten (optional):

Alle Seide/Asche von Nahrungsergänzungsmitteln auf Produkt-„Karte Liste“?

☐ Ja ☐ Nein ☐ Keines

Wird bei Ihnen bereits ein Nahrungsergänzungsmittel eingenommen?

☐ Ja ☐ Nein

Falls ja: Welches Nahrungsergänzungsmittel?

--

4. ENERGIEVERFÜGBARKEIT (FRAUEN)

Die folgenden Fragen helfen uns, Rückschlüsse auf Ihre Energieverfügbarkeit zu ziehen, die wiederum Ihre Gesundheit und Leistungsfähigkeit beeinflussen kann.

In welchem Alter hatten Sie Ihre erste Regelblutung? (mit ... Jahren)

☐ 9 ☐ 10 ☐ 11 ☐ 12 ☐ 13 ☐ 14 ☐ 15 ☐ 16 ☐ 17 ☐ 18 ☐ noch nicht aufgetreten

Haben Sie einen regelmäßigen Menstruationszyklus (10–17 Zyklen/Jahr)?

☐ Ja ☐ Nein

Wie viele Tage dauert Ihr Zyklus üblicherweise (vom 1. Tag der Menstruation bis zum 1. Tag der nächsten Menstruation)?

☐ 21 ☐ 22 ☐ 23 ☐ 24 ☐ 25 ☐ 26 ☐ 27 ☐ 28 ☐ 29 ☐ 30 ☐ 31
☐ 32 ☐ 33 ☐ 34 ☐ 35 ☐ Ich habe keinen regelmäßigen Zyklus

An welchem Tag Ihres Zyklus befinden Sie sich gerade? (#Tag)

Nehmen Sie hormonelle Verhütungsmittel?

☐ Ja ☐ Nein

Wenn ja, welche?

Haben Sie die Erfahrung gemacht, dass sich Ihre Menstruation verändert, wenn Sie Ihre Trainingintensität, -dauer oder -häufigkeit erhöhen?

☐ Ich blute an weniger Tagen ☐ Meine Menstruation stoppt
☐ Ich blute an mehr Tagen ☐ Ich merke keine Veränderungen

5. NÄHRUNGSERGÄNZUNGSMITTEL

Nutzen Sie Nahrungsergänzungsmittel oder spezielle "Sportlerprodukte"?

z.B. Vitamin- und/oder Mineralstoffpräparate, Isogetränke, sonstige ernährungsbezogene Wirkstoffe in konzentrierter Form, z.B. als Pulver, Regel, Shots, Kapseln, (Brause-)tablets, Dragees, Tropfen etc.

☐ Nein, überhaupt nicht ☐ Ja, regelmäßig ☐ Ja, aber selten

Welche Nahrungsergänzungsmittel oder Sportlerprodukte nehmen Sie ein?

Bitte machen Sie hier nähere Angaben zu den von Ihnen verwendeten Nahrungsergänzungsmitteln und Sportlerprodukten. Bitte machen Sie pro Kategorie möglichst präzise Angaben.

VITAMINE

	Vitamin 1	Vitamin 2	Vitamin 3
Produkt/Wirkstoff:			
Hersteller:			
Dosierung/Einheit:			
Häufigkeit:			

MINERALSTOFFE

	Mineralstoff 1	Mineralstoff 2	Mineralstoff 3
Produkt/Wirkstoff:			
Hersteller:			
Dosierung/Einheit:			
Häufigkeit:			

KOMBIPRÄPARATE

	Kombipräparat 1	Kombipräparat 2	Kombipräparat 3
Produkt/Wirkstoff:			
Hersteller:			
Dosierung/Einheit:			
Häufigkeit:			

6. LEISTUNGSFÄHIGKEIT

Bitte beurteilen Sie die Entwicklung Ihrer allgemeinen Leistungsfähigkeit in den letzten 4 Trainingswochen (Zeiten von Krankheit oder Verletzung ausgenommen):

☐ gesunken ☐ unverändert ☐ gestiegen

Bitte machen Sie hier nähere Angaben zur Entwicklung Ihrer Leistungsfähigkeit in den letzten 4 Trainingswochen bezogen auf folgenden Bereiche:

Kraft:	☐ gesunken	☐ unverändert	☐ gestiegen
Ausdauer:	☐ gesunken	☐ unverändert	☐ gestiegen
Schnelligkeit:	☐ gesunken	☐ unverändert	☐ gestiegen
Beweglichkeit:	☐ gesunken	☐ unverändert	☐ gestiegen
Koordination:	☐ gesunken	☐ unverändert	☐ gestiegen
Konzentration:	☐ gesunken	☐ unverändert	☐ gestiegen

Falls weitere Aspekte Ihrer Leistungsfähigkeit betroffen sind, welche Bereiche haben sich verändert und in welcher Weise?

Wie zufrieden sind Sie mit Ihrer Regeneration im Vergleich zu früheren, vergleichbaren Trainingsphasen?

☐ Ich fühle mich gut regeneriert ☐ Ich fühle mich durchschnittlich regeneriert
☐ Ich fühle mich schlecht

Wie zufrieden sind Sie mit Ihrer Erholung durch den Schlaf im Vergleich zu früheren, vergleichbaren Trainingsphasen?

☐ Ich fühle mich gut erholt ☐ Ich fühle mich durchschnittlich erholt
☐ Ich fühle mich schlecht erholt

Gibt es weitere Faktoren, die Ihre Leistungsfähigkeit oder Regeneration in den letzten 4 Trainingswochen beeinflusst haben?

VIELEN DANK!

Zusatzuntersuchungen:

☐ Ja ☐ Nein

Umfassende Ernährungsanalyse:

☐ Ja ☐ Nein

Ernährungsberatung:

☐ Ja ☐ Nein

FAT-/REDS-Screening:

☐ Ja ☐ Nein

Weiterführende med. Diagnostik:

☐ Ja ☐ Nein

Erläuterungen:

Vorstellung bei Ernährungsberater*in des zuständigen OSP:

☐ Ja ☐ Nein

Eidesstattliche Erklärung

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

Datum: _____

Unterschrift: _____