



Für Eilige

Die Koordination ist die Basis aller Leistungen und jede Bewegung ist eine koordinative Leistung des sensomotorischen Systems. Diese wäre aber ohne eine Mindestkapazität der konditionellen Fähigkeiten Ausdauer und Kraft nicht möglich. Koordination allgemein, Propriozeption und Sensomotorik beinhalten aber mehr Reizquellen als nur das Training auf instabilem Untergrund.

Foto: Christopher Pattberg / shutterstock.com

KOORDINATION UND SENSOMOTORIK MEHR ALS BALANCETRaining

TITELBEITRAG

Ein Beitrag von Florian Münch

Im Alltag, bei der Arbeit und selbstverständlich auch im Sport sind gut entwickelte koordinative Fähigkeiten ein wichtiger Baustein für eine allgemeine und leistungsorientierte Belastbarkeit. Im höheren Lebensalter wird die Bedeutung dieser motorischen Fähigkeit noch deutlicher. Eine gute Koordination wirkt sich leistungssteigernd auf Kraft und Ausdauer aus und kann sogar, zumindest kurzfristig, Mängel dieser motorischen Fähigkeiten kompensieren.

Definition. Eine einheitliche Definition zur Bewegungskoordination ist nicht auffindbar, da die Begriffserklärungen meist aus unterschiedlichen Fachbereichen wie Biomechanik, Physiologie oder Psychologie stammen und daher mit spezifischen Interessen versehen sind (1). Wörtlich bedeutet koordinieren „zusammenordnen“ (2). Eine andere Definition stellt den Begriff „koordinieren“ gleich mit Abstimmen, Zuordnen oder Zusammenwirken (3). Der Begriff Koordination wird auch vom Lateinischen „cum ordo“ abgeleitet. Demnach kann eine Aktion nur dann koordiniert ablaufen, wenn sie nach einer bestimmten Ordnung und in Anlehnung an bestimmte Vorschriften und Richtlinien vonstatten geht (4).

Eine sehr frühe, jedoch recht treffende Definition zur Koordination, die im Folgenden dargestellt werden soll, kommt aus dem Jahr 1902: „Unter Koordination verstehen wir die Fähigkeit des Organismus, mithilfe der Muskelfaser solche äußeren Effekte hervorzubringen, die einen bestimmten Zweck erfüllen und diesen Effekt mit möglichst geringem Energieverbrauch zu erreichen.“ (5)

Grundlegend wird heute die Koordination aus physiologischer Perspektive als „das Zusammenwirken von Zentralnervensystem und Skelettmuskulatur innerhalb eines gezielten Bewegungsablaufes“ definiert (6). Hierbei wird zwischen der intra und intermuskulären Koordination

unterschieden. Die intramuskuläre Koordination betrifft das Zusammenwirken von Nerv und Muskel in einem gezielten Bewegungsablauf innerhalb eines einzelnen Muskels, während sich die intermuskuläre Koordination mit der Zusammenarbeit verschiedener Muskeln bei einer Zielbewegung beschäftigt (6). Tabelle 1 gibt hierzu eine Übersicht über die verschiedenen Formen der koordinativen Fähigkeiten.

Sensomotorisches Training. Der menschliche Körper bleibt bis ins hohe Alter anpassungsfähig. Diese Tatsache wurde auch von der Wissenschaft mehrfach belegt. Gemäß deren Erkenntnissen lässt sich folgern, dass ein gezieltes und bewusstes sensomotorisches Training bis ins hohe Alter sinnvoll ist. Die im Zusammenhang mit der Thematik genannten Begrifflichkeiten sind vielfältig: Koordination, Gleichgewicht, neuromuskuläre Kontrolle, Propriozeption. Das zeigt die Komplexität dieser Thematik.

Durch gezieltes Training kann die Verarbeitungsgeschwindigkeit (Meldung vom Körperteil ans Gehirn – Verarbeitung, Befehlsausgabe an die Muskulatur – Umsetzung im entsprechenden Körperteil) deutlich verbessert werden. Das heißt, es bewirkt eine verbesserte Ansteuerung der Rezeptoren; Empfang sowie Verarbeitung von Informationen im zentralen Nervensystem (ZNS) sind ebenfalls von höherer Qualität. Auch die Eigenwahrnehmung des Körpers wird positiv beeinflusst.

Formen der Koordination	Bedeutung	Trainingspraxis
Differenzierungsfähigkeit	Feinabstimmung einzelner Teilkörperbewegungen in der Gesamtbewegung	komplexe Krafttrainingsübungen mit Maschinen, Hanteln und in der Funktionsgymnastik einfache und alltägliche Bewegungen (z. B. Bücken, Einbeinstand) auf dem Therapiekreisel, Airpad, Trampolin
Gleichgewichtsfähigkeit	Erhaltung oder Wiederherstellung des Körpergleichgewichts bei wechselnden Umwelt- bzw. Situationsbedingungen	Krafttraining mit freien Gewichten Gleichgewichtsübungen auf dem Therapiekreisel, Airpad (allein oder zu zweit)
Kopplungsfähigkeit	Kombination und Organisation von Teilkörperbewegungen untereinander in ihrem zeitlichen, räumlichen und dynamischen Ablauf	Kombinationen Arm- und Beinbewegungen (z. B. Aerobic, Nackendrücken mit Fersenheben mit Kurzhanteln, Freihanteln) Übungen auf dem Therapiekreisel
Orientierungsfähigkeit	Bestimmung der Veränderung der Lage und Bewegung des Körpers im Raum sowie die raumorientierte Steuerung der Bewegung	Wirbelsäulengymnastik in verschiedenen Körperpositionen
Reaktionsfähigkeit	schnelle und zweckentsprechende Ausführung von Bewegungen auf verschiedene Signale oder Reizsituationen	Bewegungen auf Musik oder Zeichen des Trainers Partnerübungen (z. B. Fußringkampf im Einbeinstand, Ballspiele)
Rhythmusfähigkeit	Erfassen, Wahrnehmen, Speichern und Umsetzen eines vorgegebenen Rhythmus	Bewegungen auf Musik Indoorcycling
Umstellungsfähigkeit	Bewegungsanpassung auf Situationsänderungen	Hindernisparcours (einfach) neue Choreografie im Kurs Beinpresse mit Therapiekreisel

Tabelle 1: koordinative Fähigkeiten

Strukturelement	Funktion
Sensoren (Rezeptoren)	Übersetzung der externen (Umwelt) und internen (Körper) Reize in die körpereigene Sprache
Afferente Bahnsysteme (zuführende, aufsteigende Leitungsbahnen)	Transport der transformierten Informationen zu den neuronalen Netzwerken des Rückenmarks und des Gehirns
Efferente Bahnsysteme (wegführende, absteigende Leitungsbahnen: Rückenmark → Hirnstamm → Kortex)	Transport der Antwort der neuronalen Netzwerke zu den Effektoren (Muskeln)
Spinale und supraspinale neuronale Netzwerke der Sensomotorik	Verarbeitung der afferenten Informationen zu einer gerichteten, ziel- und situationsgerechten motorischen Antwort
Muskeln (Effektoren)	Übersetzung der Reize in die entsprechende mechanische Muskelspannung mit stabilisierender (Statik: Gleichgewicht) und oder dynamischer (Zielbewegung) Wirkung auf die Wirbelsäule und Gelenke

Tabelle 2: Strukturen und Funktionen in der Sensomotorik

Und nicht zuletzt kann durch gezieltes sensomotorisches Training, die Verletzungshäufigkeit und -heftigkeit (z. B. das Umknicken im Sprunggelenk) deutlich reduziert werden. Zusammengefasst bedeutet das:

- Sensorik ist die Aufnahme von Informationen und deren Weiterleitung an das zentrale Nervensystem (Gehirn, Rückenmark).
- Motorik ist die Ansteuerung und die daraus folgende Anspannung der Muskulatur. Sensorik ist folglich das Zusammenspiel zwischen Muskeln und Nervensystem.

Sensomotorik und Koordination. Ein sensomotorisches Training ist ein koordinatives Training zur Verbesserung von Bewegungsabläufen. Dies geschieht durch eine Verbesserung der Koordination zwischen unterschiedlichen Muskeln bzw. innerhalb eines einzelnen Muskels (inter- und intramuskuläres Training). Koordination wird folglich Fähigkeit bezeichnet, vorsehbare und unvorhersehbare Situationen motorisch sicher und ökonomisch zu beherrschen. Sie ist die Basis aller Leistungen des sensomotorischen Systems.

Sensomotorik und Propriozeption. Geschieht die Aufnahme von Informationen nicht über die großen Rezeptoren wie Auge, Ohr oder Gleichgewichtsorgan, sondern über kleine Rezeptoren (Propriozeptoren) – z. B. in der Muskulatur und in den Gelenken – spricht man von Propriozeption. Sie ist also ein Teilaspekt der Sensomotorik. In einem sensomotorischen Training spielen folgende physische Komponenten eine wichtige Rolle:

Gleichgewichtsorgan

Genau genommen lässt sich die Steuerung der Gleichgewichtsfähigkeiten wie folgt unterteilen: Einerseits gibt das Vestibulär-Organ im Innenohr Auskunft über die Stellung und Veränderung des Kopfes im Raum. Andererseits spielen für die Lage(-veränderungen) des restlichen Körpers die Propriozeptoren (Muskel-, Sehnenspindeln und Gelenkrezeptoren) die entscheidende Rolle.

Sensoren

Der Körper hat in den Gelenken und den Muskeln Rezeptoren (Messfühler), die dem Gehirn ständig Rückmeldungen geben: Stellung des Gelenks und einzelner Körperabschnitte sowie Rückmeldung

über Bewegungen, die ausgeführt werden. Das gleiche Prinzip greift bei der Wahrnehmung der Körperposition und der Muskelspannung.

Tabelle 2 zeigt auf, was im sensomotorischen Training je nach Beanspruchung des Körpers (Strukturelement) genau geschieht (Funktion).

Koordination im Gesundheitssport. Ein gutes Positionsgefühl bzw. eine gute Tiefensensibilität ist für alle Bewegungen im Sport und im Alltag wichtig. Sie gewährleistet die axiale, segmentale Koordination, sorgt somit für einen ökonomischen Energieaufwand und verhindert eine Überbeanspruchung einzelner Muskelgruppen und haltungsbedingte Schmerzen.

Grundlegende koordinative Fähigkeiten stellen somit die Grundlage dar, Bewegungen neu und schnell zu erlernen, sowie sie gezielt, ökonomisch und sicher auszuführen sind. Verbesserte koordinative Fähigkeiten bedeutet konkret:

- verminderter Energieaufwand
- Reduzierung des Sauerstoffbedarfs
- verminderter Krafteinsatz
- erhöhte Leistungsfähigkeit
- geringere Ermüdung

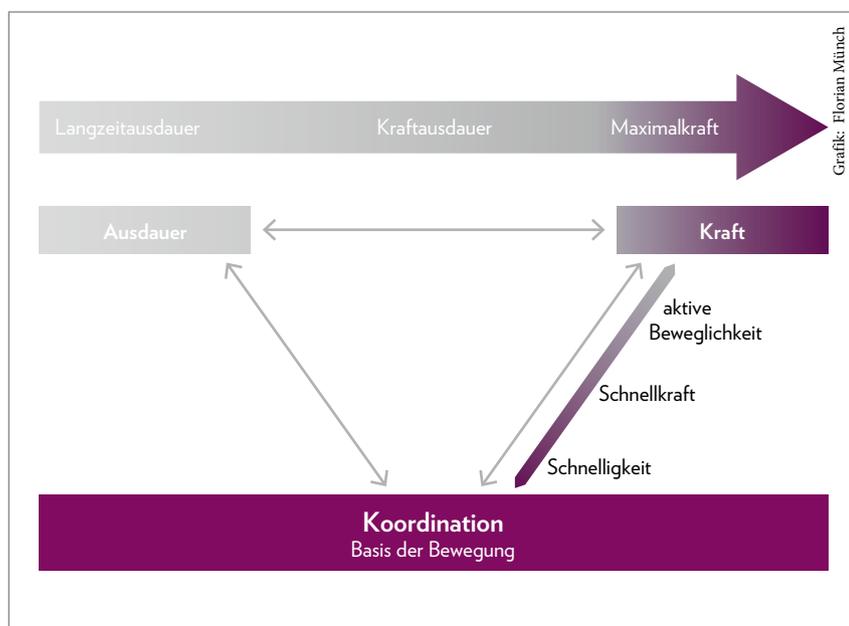


Abbildung 1: Zusammenhang Ausdauer, Kraft und Koordination

Die Koordination ist somit grundlegender Bestandteil jeglicher Art von Bewegung und wird immer in unterschiedlichem Ausmaß beansprucht, auch wenn andere Trainingsziele im Vordergrund stehen, wie z. B. die Verbesserung der Kraft oder der Ausdauer. Den koordinativen Fähigkeiten kommt somit auch eine Art Unterstützungsfunktion zu, um andere übergeordnete Ziele zu erreichen:

- Bewegungsökonomie kann verbessert und einzelne Muskelgruppen vor Überanstrengung geschützt werden
- Bewegungen für das tägliche Leben werden gesichert
- Haltungs- und Bewegungsabläufe werden optimiert
- Verbesserung der Selbstsicherheit für die Aktivitäten des täglichen Lebens
- Schutz vor haltungsbedingten Schmerzen
- Grundlage zur Genesung nach vielen Erkrankungen des Bewegungsapparates
- Ermüdung und Verletzungsgefahren werden verringert
- Verbesserte Leistungsperformance im Sport

Für den Fitness- und Gesundheitssport ist wie bereits erwähnt eine Untergliederung der Koordination in zwei Formen der Koordination relevant, die sowohl beim Krafttraining (freie, komplexe Übungen, Maximalkrafttraining) als auch beim Ausdauertraining (Ausführung von Bewegungsmustern wie Laufen, Rudern etc.) bei entsprechender Trainingsmethodik und Übungsauswahl begleitend mittrainiert werden sollten:

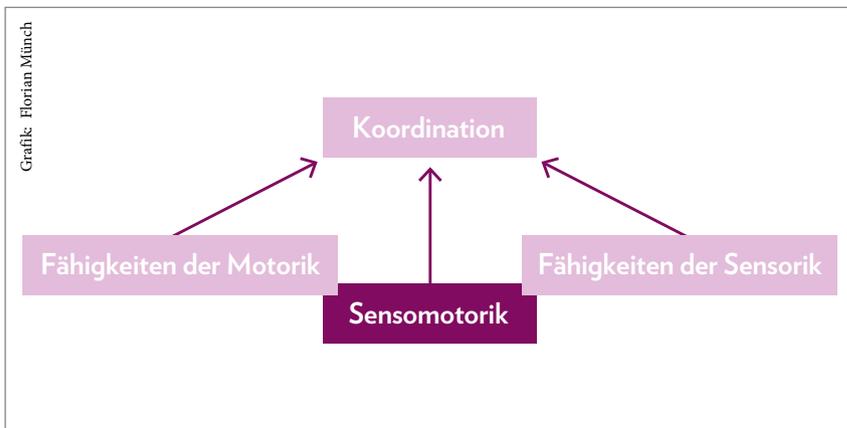


Abbildung 2: Zusammenhang Sensomotorik und Koordination

Intramuskuläre Koordination

Hierbei handelt es sich um die Kraftentfaltung innerhalb eines Muskels. Diese Kraftentfaltung wird über die Muskelfaser rekrutierenden und aktivierenden Nervenimpulse gesteuert.

Wenn die intramuskuläre Koordination gut ausgeprägt ist, kann mehr Kraft innerhalb eines Muskels entwickelt werden. Die intramuskuläre Koordination wird dabei durch ein Maximalkrafttraining (IK-Training) gefördert und trainiert. Die intramuskuläre Koordination bezeichnet das Zusammenspiel zwischen Zentralem Nervensystem (ZNS) und Muskelfaser.

Intermuskuläre Koordination

Hier handelt es sich um das Zusammenwirken verschiedener Gelenke bzw. die Abstimmung der Aktivitäten zwischen Agonisten und Antagonisten während eines Bewegungsablaufes. Hinzu kommt die Aktivität mehrerer synergistisch arbeitender Muskeln (Arbeit in Muskelketten). Durch eine gute intermuskuläre Koordination wird weniger Energie verbraucht und die Leistungsfähigkeit wird vergrößert. Die intermuskuläre Koordination wird besonders mit Muskelkettenübungen gefördert und trainiert.

Sensomotorisches Training im Sport. Im Leistungssport kann man einen weiteren Ansatz verfolgen. Bei der Sensomotorik handelt es sich um das Zusammenspiel der Sinnessysteme mit den motorischen Systemen (Abb. 2). Im Athletiktraining wird das sensomotorische Training allerdings vielfach „nur“ mit Balancieren auf instabilem Untergrund oder der Slackline, Kniebeugen auf Wackelbrettern, Einbeinstand auf der Weichbodenmatte, während gleichzeitig noch Zusatzaufgaben zu lösen sind, durchgeführt. Auch im Fitnessbereich werden diese Übungsformen oft angewendet, mit dem Ziel des Trainings der Tiefenmuskulatur und zur Verletzungsprävention.

Sensomotorik ist jedoch viel komplexer und beinhaltet mehr Reizquellen als die Tiefenmuskulatur – und Propriozeption ist mehr als nur das Training auf instabilem Untergrund. Propriozeption kann Elemente wie Präzisionsbewegungen und die sensorische Stimulation von Gelenken beinhalten, wie zum Beispiel mittels Vibrationsplatten und Akupunktur (7). Die Bewegungsphysiologie liefert

einen erweiterten Ansatz für das sensomotorische Training. Es bezieht das Gehirn als Sinnesorgan mit ein. Denn unsere Gleichgewichtsorgane senden permanent Signale an unser Gehirn, welches dadurch unsere Stütz Muskulatur reguliert. Auch höhere Geschwindigkeiten und schnelle, sequenzielle Bewegungsabläufe (Agilität) bewirken eine diesbezügliche Aktivität in den Gleichgewichtsorganen. Denn diese messen Beschleunigungssignale von Kopf und Körper und senden je nach Informationsqualität eine bessere oder schlechtere motorische Leistung durch die Aktivität der gleichseitigen Streckermuskeln (8).

Bewegungen analysieren. Je nach dem, in welche Richtung sich unser Kopf, die Augen und unser Körper also bewegen, werden reflektorische Muskelkontraktionen bewirkt, die unseren Körper dahingehend stabilisieren. Um ein zielgerichtetes und methodisches Training aufzubauen, muss die Bewegung der Sportart folglich genau analysiert werden, um herauszufinden, welche Anforderungen an das Gleichgewichtssystem gestellt werden. Ist in einem der Teilreflexe eine verminderte Aktivität, kann die Bewegung gestört oder die reflektorische Stabilität vermindert sein. Hier gilt das Prinzip „Isolation vor Integration“. Wenn der Athlet z. B. keine gute Sehschärfe besitzt, während er ein sich bewegendes Objekt nach links mit dem Kopf verfolgt, liegt eine Signalstörung im linken vestibulären System vor. Um das auszugleichen, sollte täglich zehn bis 20 Minuten daran gearbeitet werden. Hierzu dienen Basisübungen bei gleichzeitiger Fixierung eines Fixpunktes und progressiver Übungsgestaltung (Geschwindigkeit!). Schließlich muss die Integration in die spezifische Bewegung progressiv erfolgen (8):

- isolierte Aktivierung der unteraktiven, vestibulären Reize
- Progression der Stabilisierungsanforderungen durch Krafttraining und Training mit Störreizen
- Übungsgestaltung: stufenweise Integration durch Einüben der entsprechenden sportartspezifischen Bewegung mit so vielen Störfaktoren wie möglich

Sportartspezifische Anwendung im Techniktraining. Die isolierte Aktivierung, z. B. mittels Mobilisation, sollte hier so positionsnah wie möglich erfolgen (zum Beispiel im Stand). Die Gelenke werden direkt innerhalb der spezifischen

Gewährleistung eines effektiven Koordinationstrainings

- Koordinationstraining nur bei optimalem Regenerationszustand ausführen
- Koordinationstraining immer vor dem Konditionstraining
- bewusste und exakte Bewegungsausführung
- wiederholtes und planmäßiges Training

Steigerung der Trainingsreize

- vom Liegen ins Sitzen, in den Stand und in die Bewegung
- vom Zweibein- zum Einbeinstand
- von geöffneten zu geschlossenen Augen
- vom stabilen zum labilen Untergrund
- von einfachen zu komplexen Bewegungen
- von bekannten zu unbekanntem Bewegungen

Position gezielt und fokussiert mobilisiert. Jenes Gelenk, das den größten Einfluss auf das technische Problem oder Trainingsziel hat, sollte vermehrt Beachtung finden (zum Beispiel das Eindrehen der Hüfte im Kugelstoßen). Es bietet sich an, von unten nach oben zu arbeiten.

Binokulares Sehen und peripheres Wahrnehmen sind meist die effektivsten Methoden, wenn es darum geht, technische Schwierigkeiten über das visuelle System zu adressieren. Diese visuellen Fertigkeiten sollten, wenn möglich, exakt innerhalb derjenigen Position aufgearbeitet werden, in der sich die größten technischen Schwierigkeiten zeigen.

Je nach Anforderung der Situation (zum Beispiel beim Spansschuss im Fußball oder Eindrehen im Diskuswurf) werden in Bezug auf das vestibuläre System oft verschiedene Fähigkeiten verlangt. Diese sollten beim spezifischen Techniktraining auch in den Vordergrund gestellt werden. Beim Eindrehen im Diskuswurf dreht der Körper zunächst unter dem fixierten Kopf ein. Hier bietet sich der Achter-Gang als Trainingsmittel der Wahl an, obwohl er nicht positionsspezifisch integriert werden kann. Beim Spansschuss im Fußball hingegen müssen Kopf und Augen eher synchron zum Ball drehen.

Natürlich stehen alle Systeme miteinander in Wechselwirkung, sodass jeweils auch getestet werden muss, welcher Stimulus bei diesem Athleten und in dieser speziellen Situation den besten Output (Technikverbesserung) erzeugt.

Eine exakte Angabe von Zeitumfängen ist nur schwer möglich. Der Trainer sollte aufmerksam beobachten, welche Intervention sich auf welche Weise am wirkungsvollsten für die Verbesserung des technischen Ziels herausstellt. Wenn sich die Kontrolle eines Gelenks als am effektivsten erweist, sollte dies auch immer zunächst im Vordergrund bleiben.

Der Trainer muss lernen, sich hier nicht mehr nur an einem rein mechanisch geprägten Technikleitbild zu orientieren. Bewegungsanweisungen, wie „Nimm den Arm höher.“ oder „wenn du hier tiefer bleibst, dann...“ adressieren selten die Ursache des

Problems. Es sollte hinterfragt und getestet werden, welches bewegungssteuernde System in dieser Bewegung unzureichend integriert ist. Das Nervensystem ist so individuell wie ein Fingerabdruck.

Fazit. Unter Koordination oder Sensomotorik darf man also nicht nur das Training auf instabilen Untergründen verstehen. Das wird der funktionalen Anatomie und Physiologie des Menschen nicht gerecht. Unser Gleichgewichtsorgan funktioniert wie ein Bewegungssensor, der permanent Signale zu unserem zentralen Nervensystem sendet. Defizite in diesen Verschaltungen können die Leitungsfähigkeit beeinflussen und erhöhen das Verletzungsrisiko. Es gilt also – auch für den Freizeitsportbereich – Defizite mit Basisübungen aufzuarbeiten und dann die sportartspezifischen Bewegungen zu trainieren bzw. neuroathletische Aspekte und Übungsformen mit einzubeziehen (8). ●



LITERATURVERZEICHNIS

1. Neumaier A. 2006. Koordinatives Anforderungsprofil und Koordinationstraining. Hellenthal: Sportverlag Strauß 2006
2. Schnabel G., Meinel K. 2007. Bewegungslehre - Sportmotorik: Abriss einer Theorie der sportlichen Motorik unter pädagogischem Aspekt. Aachen: Meyer & Meyer (Verlag)
3. Roth, K. 1982. Strukturanalyse koordinativer Fähigkeiten. Bad Homburg: Limpert
4. Vele F. 1989. Die Bedeutung der Muskelkoordination für die Leistungssteigerung. Muskeltraining in der Sporttherapie
5. Foerster O. 1902. Physiologie und Pathologie der Koordination. Dissertation Jena 1902
6. Hollman W., Hettinger T. 2000. Sportmedizin. Grundlagen für Arbeit, Trainings- und Präventivmedizin. Stuttgart: Schattauer Verlag
7. Aman E. et al. 2015. The effectiveness of proprioceptive training for improving motor function: a systematic review. [ll.rpv.media/3tk](https://doi.org/10.1186/s12942-015-0030-3). Zugriff am 07.09.2021
8. Müller D. 2021. Sensomotorik im Handball. *Functional Training Magazin* 2/2021