

Empfehlungen zum mathematischen Sprachgebrauch

Inhaltsverzeichnis

1 Geometrie und lineare Algebra	2
1.1 Notation für Quadranten	2
1.2 Polarkoordinaten	3
1.3 Kugelkoordinaten	3
1.4 Notation für Skalarprodukte	5
1.5 Notation für adjungierte Matrizen	5
1.6 Standardskalarprodukt	5
2 Analysis	6
2.1 Differenz von Funktionswerten	6
2.2 Symmetrische Intervallnotation	6
2.3 Notation für Kettenbrüche	7
2.4 Dualraum	7
3 Algebra	8
3.1 Notation für Körpererweiterungen	8
3.2 Kanonische Isomorphie	8
3.3 Restklassengruppen	8
4 Notation	9
4.1 Operatorrangfolge von Quantoren	9
4.2 Ganzzahlintervalle	9
4.3 Natürliche Zahlen	10
4.4 Bildmenge, Urbildmenge	10

Vorwort

Dieses Dokument beschreibt Empfehlungen zum mathematischen Sprachgebrauch. Darin enthalten sind sowohl Schreibweisen als auch inhaltliche Definitionen. Die Empfehlungen stehen niemals in der Luft, sondern werden immer vollständig begründet. Das Dokument ist nicht dogmatisch zu verstehen.

1 Geometrie und lineare Algebra

1.1 Notation für Quadranten

Im ebenen kartesischen Koordinatensystem werden Quadranten für gewöhnlich gegen den Uhrzeigersinn mit den römischen Zahlen I, II, III, IV nummeriert. Man startet bei $x > 0, y > 0$.

Diese Praxis erscheint mir äußerst fragwürdig, weil sie in höheren Dimensionen sehr unübersichtlich wird. Außerdem ist nicht von vornherein klar, ob im oder gegen den Uhrzeigersinn nummeriert wird. Weiterhin ist nicht von vornherein klar, in welchem Quadrant die Nummerierung gestartet wird.

Ich schlage deshalb vor, die Quadranten durch PP, NP, NN, PN zu identifizieren. Hierbei ist P als Abkürzung für *positiv* und N als Abkürzung für *negativ* gemeint. Diese Abkürzungen sind auch im Englischen und anderen europäischen Sprachen gültig. Die Stellen in der Identifikation stehen dabei für die Stellen im Koordinatentupel. Bei Oktanten hat man dementsprechend PPP, PPN usw.

Weiterhin ergibt sich jetzt der Vorteil, dass die Halbebenen durch PX, NX, XP, XN dargestellt werden können.

Wünschenswert wären nun Möglichkeiten zur genaueren und allgemeineren Formulierung. Die Sprache der Mengenlehre bietet dafür aber genau die notwendigen Operationen an. Zunächst definiert man

$$\mathbb{R}^+ = \mathbb{R}_{>0} = \{x \in \mathbb{R} \mid x > 0\}, \quad (\text{positive reelle Zahlen}) \quad (1)$$

$$\mathbb{R}^- = \mathbb{R}_{<0} = \{x \in \mathbb{R} \mid x < 0\}, \quad (\text{negative reelle Zahlen}) \quad (2)$$

$$\mathbb{R}_0^+ = \mathbb{R}_{\geq 0} = \{x \in \mathbb{R} \mid x \geq 0\}, \quad (\text{nichtnegative reelle Zahlen}) \quad (3)$$

$$\mathbb{R}_0^- = \mathbb{R}_{\leq 0} = \{x \in \mathbb{R} \mid x \leq 0\}. \quad (\text{nichtpositive reelle Zahlen}) \quad (4)$$

Nun ist

$$\begin{aligned} \text{PP} &:= \mathbb{R}^+ \times \mathbb{R}^+, & \text{NP} &:= \mathbb{R}^- \times \mathbb{R}^+, \\ \text{NN} &:= \mathbb{R}^- \times \mathbb{R}^-, & \text{PN} &:= \mathbb{R}^+ \times \mathbb{R}^-. \end{aligned} \quad (5)$$

Die waagerechten Achsen lassen sich durch $\mathbb{R} \times \{b\}$ und die senkrechten durch $\{a\} \times \mathbb{R}$ angeben. Die komplexen Zahlen ohne Standardbranchcut sind $\mathbb{C} \setminus \mathbb{R}_0^+$. Mit $p, q := p + \mathbb{R}(q - p)$ lässt sich die Gerade durch zwei unterschiedliche Punkte bzw. komplexe Zahlen p, q modellieren, mit $p + \mathbb{R}v$ eine Gerade die in p eingehängt ist, und in Richtung v zeigt. Mit $p + \mathbb{R}_0^+v$ ein Strahl. Mit $\mathbb{R}_0^+e^{i\varphi}$ Strahlen vom Ursprung aus in Richtung φ . Eine Kreislinie mit Mittelpunkt p und Radius r lässt sich mit $p + re^{i\mathbb{R}}$ notieren. Mit $S_1 := e^{i\mathbb{R}}$ verkürzt sich die Notation auf $p + rS_1$. Kugeloberflächen sind $p + rS_2$.

Da sich komplexe Zahlen multiplizieren lassen, dürfen die Buchstaben nicht mehr einfach aneinandergereiht werden. Sie werden dann einfach mit einem Komma getrennt. Die Strecke von \overline{AB} wird dann als $\overline{a, b} := |a - b|$ notiert.

1.2 Polarkoordinaten

Seien (x, y) die kartesischen Koordinaten und (r, φ) die Polarkoordinaten. Die Berechnung von φ in Abhängigkeit von x, y geschieht m. E. entweder nach einem umständlichen Algorithmus oder fehlerhaft. Folgende Formel lässt sich jedoch leicht merken und deckt alle Fälle ab:

$$\varphi = s(y) \arccos\left(\frac{x}{r}\right). \quad (6)$$

Hierbei ist $s(y)$ die rechtsstetige Signumfunktion. Sie ist definiert durch

$$s(y) := \begin{cases} y \geq 0: & 1, \\ y < 0: & -1. \end{cases} \quad (7)$$

Oder alternativ via Iverson-Klammern:

$$s(y) := [y \geq 0] - [y < 0]. \quad (8)$$

Oder alternativ durch einen Trick:

$$s(y) := \operatorname{sgn}(y) + 1 - |\operatorname{sgn}(y)|. \quad (9)$$

Steht ein Computer zur Verfügung, und das ist der Normalfall geworden, so wird man direkt oder indirekt $\operatorname{atan2}(y, x)$ verwenden. Man kann sich darauf verlassen dass $\operatorname{atan2}$ möglichst präzise implementiert ist.

Wenn ein positiver Winkel gefordert wird, muss man anschließend nur 2π zu φ addieren.

1.3 Kugelkoordinaten

Kugelkoordinaten können verwirrend sein, weil es verschiedene Bezeichnungs- und Darstellungskonventionen gibt. Anstelle sich auf eine Darstellungskonvention festzulegen, will ich hier alle Konventionen miteinander verbinden. Das hört sich jetzt kompliziert an. Aber in diesem Fall kommt nach kompliziert tatsächlich einfach.

Mit λ bezeichnen wir die Länge (in der Astronomie der Azimutwinkel). Man definiert für gewöhnlich $0 \leq \lambda < 2\pi$ oder $-\pi < \lambda \leq \pi$. Welche der beiden Festlegungen man verwendet, ist eigentlich belanglos, weil Winkel eigentlich nur modulo 2π bestimmt sind und man bei negativen Winkeln daher 2π addieren kann, wenn man will.

Mit β bezeichnen wir die Breite. Man definiert $-\pi/2 \leq \beta \leq \pi/2$. Außerdem bezeichnen wir mit θ die Kobreite (auch Polarwinkel genannt). Es gilt $\theta = \pi/2 - \beta$ und $0 \leq \theta \leq \pi$.

Man geht also zuerst mit λ auf dem Äquator entlang und bewegt sich dann mit β nach oben oder unten. Alternativ kommt man mit θ vom Nordpol (in der Astronomie der Zenit) herunter.

Mit r wird der Radius der Kugel bezeichnet. Mit r_{xy} wird der Radius bezeichnet, welcher sich bei der Projektion eines Punktes der Kugeloberfläche auf die xy -Ebene ergibt. Das ist eine Hilfsgröße, die gleich gebraucht wird.

Für das Dreieck in der xy -Ebene gilt nun

$$\begin{aligned}x &= r_{xy} \cos \lambda, \\y &= r_{xy} \sin \lambda.\end{aligned}\tag{10}$$

Die z -Achse und der Radiusvektor zu r spannen ein Dreieck auf. Für dieses gilt

$$\begin{aligned}z &= r \cos \theta, \\r_{xy} &= r \sin \theta.\end{aligned}\tag{11}$$

Wenn man beide Formeln kombiniert, so erhält man

$$\begin{aligned}x &= r \cos \lambda \sin \theta, \\y &= r \sin \lambda \sin \theta, \\z &= r \cos \theta.\end{aligned}\tag{12}$$

Man sollte sich die Formeln $\sin(\pi/2 - x) = \cos x$ und $\cos(\pi/2 - x) = \sin x$ merken. Wenn man diese benutzt, so ergibt sich sofort die alternative Darstellung

$$\begin{aligned}x &= r \cos \lambda \cos \beta, \\y &= r \sin \lambda \cos \beta, \\z &= r \sin \beta.\end{aligned}\tag{13}$$

Für $\lambda = \text{const}$ erhält man Längenhälbkreise, für $\beta = \text{const}$ Breitenkreise.

Ich erachte es als besser, die unterschiedlichen Konventionen so darzustellen, dass sie ohne Konflikte verbunden werden können. Anstelle von zwei Variablen wurden daher die drei Variablen λ, β, θ definiert.

Oft wird auch die Bezeichnung $\varphi = \lambda$ verwendet. Das kommt daher, dass in der xy -Ebene die Polarkoordinaten mit der Transformation

$$\begin{aligned}x &= r_{xy} \cos \varphi, \\y &= r_{xy} \sin \varphi\end{aligned}\tag{14}$$

enthalten sind. Das φ steht hierbei für *Phase*.

Es stellt sich noch die Frage, welche Reihenfolge man für die Funktionsargumente verwendet. Sollte man die oft in der Physik anzutreffende Reihenfolge $f(r, \theta, \varphi)$ mit $\varphi = \lambda$ übernehmen? Wesentlich vernünftiger ist m. E. die Reihenfolge $f(r, \varphi, \theta)$. Das harmoniert besser mit den Hyperkugelkoordinaten. Im n -dimensionalen Raum ergibt sich nämlich

$$f(r, \varphi, \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_{n-2}),\tag{15}$$

wobei sich das Intervall für φ über einen Vollkreis erstreckt, die Intervalle für die θ_k aber nur jeweils über einen Halbkreis.

Außerdem hat man bei Zylinderkoordinaten auch immer die Reihenfolge

$$f(r, \varphi, z)\tag{16}$$

und nicht $f(r, z, \varphi)$.

Bei ebenen Polarkoordinaten ergibt sich $f(r, \varphi)$ außerdem als Spezialfall von (15) und als Bestandteil von (16).

1.4 Notation für Skalarprodukte

Für das Skalarprodukt zweier Vektoren v, w gibt es eine Vielzahl von Schreibweisen, die Verwendung finden. Darunter sind vw , $v \circ w$, $v \cdot w$, $v \bullet w$, $v * w$ und $\langle v, w \rangle$, (v, w) , $[v, w]$. Außerdem gibt es noch $v|w$, $\langle v|w \rangle$, $(v|w)$, $[v|w]$.

Ich schlage vor, $\langle v, w \rangle$ (einschließlich $\langle v|w \rangle$) als einzige Schreibweise zu verwenden. Hat man nur Plain-Text zur Verfügung (z. B. im Chat), so kann man $\langle v, w \rangle$ schreiben.

Das Skalarprodukt ist nicht assoziativ, und $\langle v, w \rangle$ hebt diesen Mangel im Gegensatz zu Schreibweisen mit Infixoperator hervor.

Gegen die Schreibweisen vw und $v \cdot w$ spricht, dass sie bei Funktionenräumen mit dem punktweisen Produkt verwechselt werden können. Außerdem wird mit vw auch das Produkt einer Clifford-Algebra bezeichnet.

Gegen die Schreibweise $v \circ w$ spricht, dass sie bei Funktionenräumen mit der Komposition verwechselt werden kann.

Bei (v, w) denkt man zuerst an ein Tupel, bei $[v, w]$ an ein Tupel oder ein geschlossenes Intervall. Würde man diese Schreibweisen allgemein für Skalarprodukte verwenden, so wären sie stark überladen.

1.5 Notation für adjungierte Matrizen

Für die adjungierte Matrix von A wird manchmal die Notation A^* verwendet. Bei dieser Notation besteht jedoch Verwechslungsgefahr mit der konjugierten Matrix \bar{A} wo manchmal ebenfalls die Notation A^* verwendet wird.

Die Notation mit dem Dolch, A^\dagger , finde ich nicht so schön, weil einige A^t anstelle von A^T für die transponierte Matrix benutzen. Im Drucksatz kann das noch unterschieden werden, aber bei Handschrift kann es schlimm sein. Gegen den Dolch spricht weiter, dass diese Notation nicht verwendet werden kann, wenn man nur Plain-Text zur Verfügung hat.

Ich finde die Notation A^H für die adjungierte Matrix daher am besten. Die Notationen A^H und \bar{A} sind m. E. unmissverständlich. Hat man nur Plain-Text zur Verfügung (z. B. im Chat), so kann man A^H und $\text{conj}(A)$ schreiben.

1.6 Standardskalarprodukt

Ich würde das Standardskalarprodukt für $v, w \in \mathbb{C}^n$ am besten semilinear im ersten Argument definieren:

$$\langle v, w \rangle := \sum_{k=1}^n \overline{v_k} w_k. \quad (17)$$

Diese Variante ist kompatibel mit der Bra-Ket-Notation. Nachteile sind mir keine bewusst.

Das Standardskalarprodukt für die Fourieranalysis würde ich am besten durch

$$\langle f, g \rangle := \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} \overline{f(t)} g(t) dt \quad (18)$$

definieren. Mit T ist die Periodendauer gemeint.

Würde man den Normierungsfaktor $1/T$ weglassen, so würde $\|f\| := \sqrt{\langle f, f \rangle}$ nicht mehr mit der Formel für den klassischen Effektivwert übereinstimmen.

Würde man den Normierungsfaktor $1/T$ weglassen, so könnte man nicht einfach schreiben:

$$f(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \langle b_k, f \rangle b_k(t). \quad (b_k(t) := e^{ki\omega t}) \quad (19)$$

Man müsste dann schreiben:

$$f(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \langle b_k, f \rangle b_k(t). \quad (b_k(t) := \frac{1}{\sqrt{T}} e^{ki\omega t}) \quad (20)$$

Das Problem ist hier jetzt, dass es sich bei $c_k := \langle b_k, f \rangle$ nicht mehr um den klassischen Fourierkoeffizienten handelt, weil der Faktor \sqrt{T} herumgegeben wird.

Semilinear im ersten Argument ist das Skalarprodukt deshalb, weil diese Variante kompatibel zur Bra-Ket-Notation ist. Nachteile sind mir keine bekannt.

2 Analysis

2.1 Differenz von Funktionswerten

Für die Differenz $F(b) - F(a)$ finde ich die Notation $[F(x)]_a^b$ am besten. Wenn man ganz pedantisch ist, so bemerkt man, dass x im Ausdruck eine gebundene Variable ist und schreibt besser $[F(x)]_{x=a}^{x=b}$.

Die Notation $F(x)|_a^b$ finde ich ambivalent. Man muss z. B.

$$[2 + F(x)]_a^b = (2 + F(b)) - (2 + F(a)) = F(b) - F(a) \quad (21)$$

von

$$2 + [F(x)]_a^b = 2 + F(b) - F(a) \quad (22)$$

unterscheiden können. Bei der Notation $F(x)|_a^b$ müsste man dafür extra ein Paar Klammern setzen.

2.2 Symmetrische Intervallnotation

Manchmal, z. B. beim Zwischenwertsatz, wird eine Intervallnotation benötigt, die symmetrisch bezüglich der Grenzen ist. Für $a, b \in \mathbb{R}$ mit $a \neq b$ empfiehlt sich folgende Notation:

$$[a, b]_s := [\min\{a, b\}, \max\{a, b\}]. \quad (23)$$

Das »s« steht dabei für symmetrisch (engl. symmetric, franz. symétrique). In HEUSER [1] findet man die Notation $\langle a, b \rangle$ anstelle von $[a, b]_s$, das kommt mir aber weniger unmissverständlich vor, manche benutzen die Notation für Tupel. Die Subscript-Notation ist

auch mit anderen Notationen kombinierbar. Meint man mit $[a..b]$ z. B. das Ganzzahlin-
tervall, dann kann man analog

$$[a..b]_s := [\min\{a, b\}.. \max\{a, b\}] \quad (24)$$

setzen. Eigentlich ist dieses Subscript auch bei Konvexkombinationen

$$[v, w]_s := \{(1-t)v + tw \mid t \in [0, 1]\} \quad (25)$$

erforderlich, denn $[w, v]_s = [v, w]_s$.

2.3 Notation für Kettenbrüche

Man schreibt für gewöhnlich

$$b_0 + \frac{a_1}{b_1} + \frac{a_2}{b_2} + \dots := b_0 + \frac{a_1}{b_1 + \frac{a_2}{b_2 + \dots}}. \quad (26)$$

Diese Notation ist der Beschränkung unterworfen, dass sich damit nur Kettenbrüche,
jedoch keine anderen Kettenausdrücke formulieren lassen. Man würde daher lieber
notieren:

$$b_0 + \left(x \mapsto \frac{a_1}{b_1 + x}\right) \circ \left(x \mapsto \frac{a_2}{b_2 + x}\right) \circ \dots \circ \left(x \mapsto \frac{a_n}{b_n + x}\right)(x_0). \quad (27)$$

Das ist sehr langatmig. Deshalb schlage ich die Kurznotation

$$[x=] \quad b_0 + \frac{a_1}{b_1 + x}, \frac{a_2}{b_2 + x}, \dots, \frac{a_n}{b_n + x}, x_0 \quad (28)$$

vor. Sind nun die Funktionen $T_k: X \rightarrow X$ gegeben, so kann man schreiben

$$\begin{aligned} [x=] \quad & T_1(x), T_2(x), \dots, T_n(x), x_0 \\ & = (T_1 \circ T_2 \circ \dots \circ T_n)(x_0). \end{aligned} \quad (29)$$

Alternativ gibt es noch

$$\begin{aligned} [=x] \quad & x_0, T_1(x), T_2(x), \dots, T_n(x) \\ & = (T_n \circ \dots \circ T_2 \circ T_1)(x_0). \end{aligned} \quad (30)$$

2.4 Dualraum

Für den Dualraum zum Vektorraum V scheint mir die Notation V^* besser als V' , da mit
 V' oft irgendein zweiter Vektorraum bezeichnet wird.

3 Algebra

3.1 Notation für Körpererweiterungen

Ich schlage für Körpererweiterungen die Notation $L//K$ vor.

Körpererweiterungen werden zuweilen durch L/K notiert, um auszudrücken, dass L ein Erweiterungskörper von K ist. Man denkt sich dabei, dass L über K steht. Die Notation M/A ist aber eigentlich schon für Quotientenmengen vergeben, wenn durch A auf irgendeine Art eine Äquivalenzrelation gegeben ist. Sowohl Quotientenmengen also auch Körpererweiterungen kommen ausgerechnet in der Algebra sehr häufig vor. Um die Dringlichkeit deutlich zu machen, hier ein Beispiel wo beides in einer Formel vorkommt:

$$\mathbb{R}[X]/(X^2 + 1)//\mathbb{R}. \quad (31)$$

Man könnte auch auf die Idee kommen, eine Körpererweiterung durch $K \leq L$ zu symbolisieren, weil ja $K \subseteq L$ ist. Das ist aber eine schlechte Idee, weil hiermit schon Untergruppenbeziehungen symbolisiert werden und Körper ja additive Gruppenstruktur enthalten. Man müsste wenigstens $K \leq_K L$ schreiben, aber im Englischen heißt es dann $K \leq_F L$.

3.2 Kanonische Isomorphie

Kanonische Isomorphismen kommen recht häufig vor. Bei kanonischer Isomorphie könnte die Notation $A \cong B$ anstelle von $A \simeq B$ gewählt werden. Das Gleichzeichen sagt uns dabei, dass wir irgendwie $A = B$ setzen können und die Tilde erinnert uns daran, dass die Isomorphie eine Äquivalenzrelation ist.

Bei Unklarheit, ob Isomorphismen zwischen Gruppen, Ringen, Körpern, Vektorräumen oder topologischen Räumen gemeint sind, ist die Notation

$$\simeq_G, \quad \simeq_R, \quad \simeq_K, \quad \simeq_V, \quad \simeq_T \quad (32)$$

sinnvoll, oder der Zusammenhang wird in Worten formuliert.

3.3 Restklassengruppen

Für die Restklassengruppen sollte man die Notation $\mathbb{Z}/n\mathbb{Z}$ gegenüber \mathbb{Z}_n bevorzugen. Zum einen kommt auch \mathbb{Z}_{p^2} vor, wobei hier Superskript innerhalb Subskript steht. Das ist nicht so schön, weil die Schriftgröße dann immer kleiner wird. Da gefällt mir $\mathbb{Z}/p^2\mathbb{Z}$ mehr. Außerdem kann im Plaintext auch $\mathbb{Z}/n\mathbb{Z}$ geschrieben werden. Zum anderen birgt \mathbb{Z}_p Verwechslungsgefahr mit dem Ring der ganzen p -adischen Zahlen. Weiterhin suggeriert die Notation $\mathbb{Z}/n\mathbb{Z}$, dass $n\mathbb{Z}$ eine Untergruppe, genauer ein Normalteiler von \mathbb{Z} ist, und dass man die Restklassengruppe als Quotientengruppe von \mathbb{Z} und $n\mathbb{Z}$ erhält, was mit einer gewissen Pointe behaftet ist, da sich die eine endliche Gruppe als Quotient zweier unendlicher Gruppen ergibt.

4 Notation

4.1 Operatorrangfolge von Quantoren

Die Schreibweisen $\forall x: P(x)$ und $\exists x: P(x)$ für die Quantoren binden ihr Prädikat schwächer als alle anderen Operatoren, so dass alles nach dem Doppelpunkt zum Prädikat gehört? Oder binden sie stärker als die Äquivalenz? Auch stärker als UND und ODER?

Sinnvoll ist da die explizit geklammerte Notation

$$\forall x[P(x)], \quad (33)$$

da hier explizit sichtbar ist wo das Prädikat endet. Lediglich

$$\forall x \forall y[P(x, y)] \equiv \forall x[\forall y[P(x, y)]] \quad (34)$$

erscheint mir sinnvoll, da es Klammern spart.

Bei längeren Ausdrücken lassen sich die Klammern ja bunt anmalen. Das ist hier mein Kontrapunkt, dass sich die Klammern bunt anmalen lassen.

Leider ergibt sich noch die Zweideutigkeit, ob eine Klammer eine Funktionsapplikation ist, oder den gebundenen Ausdruck beginnt, wie z. B. bei $\forall x \in P(a) (Q(x))$. Hier würde man lieber $(\forall x \in P(a))Q(x)$ oder noch besser $\forall_{x \in P(a)} Q(x)$ notieren. Für eine Formel φ führt man also die Syntax $(\forall x)\varphi$ bzw. \forall_x und $(\forall x \in M)\varphi$ ein und verlangt dabei, dass $(\forall x)$ bzw. \forall_x so stark bindet wie \neg . Dann kann geschrieben werden

$$(\forall x)P(x) \wedge (\forall x)Q(x) \iff (\forall x)(P(x) \wedge Q(x)), \quad (35)$$

oder

$$(\forall \varepsilon > 0)(\exists n_0)(\forall n \geq n_0)(a_n \in U_\varepsilon(a)), \quad (36)$$

ohne zusätzliche syntaktische Regeln einführen zu müssen. Zur Praxis sagt man noch, dass $\forall x \varphi$ das selbe bedeuten soll wie $(\forall x)\varphi$, wenn sich dadurch keine Zweideutigkeit ergibt.

4.2 Ganzzahlintervalle

Für Ganzzahlintervalle bieten sich die folgenden Schreibweisen an:

$$[a..b] := \{z \in \mathbb{Z} \mid a \leq z \leq b\}, \quad (37)$$

$$[a..b) := \{z \in \mathbb{Z} \mid a \leq z < b\}. \quad (38)$$

Die Punkte drücken suggestiv aus, dass es von a aus springend bis b weitergeht. Die Klammern entsprechen der Schreibweise für die kontinuierlichen Intervalle.

4.3 Natürliche Zahlen

Zunächst wird die folgende unmissverständliche Schreibweise definiert:

$$\mathbb{N}_a := \mathbb{N}_{\geq a} = \{n \in \mathbb{Z} \mid n \geq a\}. \quad (39)$$

Man streitet sich nun zwischen den Schreibweisen

$$\mathbb{N} := \mathbb{N}_{\geq 1}, \quad \mathbb{N}_0 := \mathbb{N}_{\geq 0} \quad (40)$$

und

$$\mathbb{N} := \mathbb{N}_{\geq 0}, \quad \mathbb{N}^* := \mathbb{N}_{\geq 1}. \quad (41)$$

Die Schreibweise $\mathbb{N} := \mathbb{N}_{\geq 1}$ scheint davon die bessere zu sein. Das hat den einfachen Grund, dass \mathbb{N}_0 leichter von der Hand geht als \mathbb{N}^* . Außerdem schaut \mathbb{N}_0^2 besser aus als $(\mathbb{N}^*)^2$. Weiterhin würde man den Folgenraum reeller Folgen ab Index null lieber mit $\mathbb{R}^{\mathbb{N}_0}$ notieren als den ab Index eins mit $\mathbb{R}^{\mathbb{N}^*}$, wo die doppelte Hochstellung sehr unästhetisch wirkt und die Zacken des Asterisks wie in $\sum_{k \in \mathbb{N}^*} a_k$ kaum mehr zu erkennen sind.

Zudem ist \mathbb{N}_0 eine auf Peano zurückgehende Notation, die somit als hinreichend konservativ betrachtet werden darf.

Man kann \mathbb{N} auch undefiniert lassen, was besonders da sinnvoll erscheint, wo es keine Rolle spielt, ob $\mathbb{N} = \mathbb{N}_0$ oder $\mathbb{N} = \mathbb{N}_1$ ist. Das ist z. B. bei Betrachtungen zur Kardinalität der Fall, denn es gilt ja $|\mathbb{N}_0| = |\mathbb{N}_1|$.

Als alternative Notation bietet sich noch an:

$$[a..b] := \{n \in \mathbb{Z} \mid a \leq n \wedge n \leq b\}, \quad (42)$$

$$[a..] := \{n \in \mathbb{Z} \mid a \leq n\}, \quad (43)$$

$$[..b] := \{n \in \mathbb{Z} \mid n \leq b\}. \quad (44)$$

Somit ist $\mathbb{N}_0 = [0..]$ und $\mathbb{N} = [1..]$. Ich würde außerdem $\omega = \mathbb{N}_0$ setzen, weil das am ehesten dem Von-Neumann-Modell entspricht. Ohne $2 = \{0, 1\}$ lässt sich 2^A nicht als Abbildung in die Wahrheitswerte interpretieren.

4.4 Bildmenge, Urbildmenge

Für die Bildmenge von M unter f wird häufig die Notation $f(M)$ benutzt, für das Urbild von N unter f häufig die Notation $f^{-1}(N)$. Hierbei überschlägt sich die Notation leider mit der für die Applikation von f auf ein Element.

Angenommen man hat $f: \{a, \{a\}\} \rightarrow \{0, 1\}$ mit $a \mapsto 0$ und $\{a\} \mapsto 1$. Was ist dann mit $f(\{a\})$ gemeint? Die Notation $f[M]$ für das Bild und $f^{-1}[N]$ für das Urbild bietet hier eine bessere Unterscheidung. Man hat nun $f(\{a\}) = 0$ und $f[\{a\}] = \{1\}$.

Damit ist es aber noch nicht getan. Ist f injektiv, was ist dann mit $f^{-1}[N]$ gemeint, das Urbild von N unter f oder das Bild von N unter f^{-1} ? Zur besseren Unterscheidung einigen wir uns darauf, dass das Bild von N unter f^{-1} ausschließlich in der Notation $(f^{-1})[N]$ geschrieben wird.

Ganz leicht lässt sich z. B. eine injektive Abbildung f und dazu eine Linksinverse f^{-1} angeben, wo $f^{-1}[N] \neq (f^{-1})[N]$ ist.

Wenigstens für ein bijektives f muss zwingend $f^{-1}[N] = (f^{-1})[N]$ sein, da $(f^{-1})[N]$ undefiniert ist, wenn N nicht in der Zielmenge von f enthalten ist.

Eine weitere Rechtfertigung für die eckigen Klammern ist, dass für ein einzelnes Element y ein Unterschied zwischen $f^{-1}(y)$ und $f^{-1}[y] := f^{-1}[\{y\}]$ besteht.

Man kann jetzt argumentieren, dass das Haarspalterei sei, da sich der Sinn ja immer aus dem Kontext ergibt. Für das Ziel, mentale Belastung zu verringern, ist eine eindeutige Notation aber trotzdem vorzuziehen. Außerdem kommen runde Klammern in Ausdrücken schon viel zu oft vor. Eine unterschiedliches Klammerpaar schafft hier automatisch etwas mehr Übersichtlichkeit, sei es auch nur unterschwellig.

Literatur

- [1] Harro Heuser: »Lehrbuch der Analysis, Teil 1«. 17. Auflage, S. 353, Nr. 61: »Der Taylorsche Satz und die Taylorsche Entwicklung«. ↑S. 6
- [2] »[Suggestions for good notation](#)«. In: MathOverflow. Tags: notation, biglist.