

Leitfaden zur Gestaltung aussagekräftiger Abbildungen in wissenschaftlichen radiologischen Publikationen

Instructions for meaningful figures in radiological research publications

Autorinnen/Autoren

Luca Julius Pape^{1,2}, Julia Hambach^{1,2}, Peter Bannas¹

Institute

- 1 Department of Radiology, University Medical Center Hamburg-Eppendorf, Hamburg, Germany
- 2 Institute of Immunology, University Medical Center Hamburg-Eppendorf, Hamburg, Germany

Keywords

data visualization, figures, scientific communication, instructions

eingereicht 7.12.2023

akzeptiert nach Revision 11.3.2024

Artikel online veröffentlicht 15.5.2024

Bibliografie

Fortschr Röntgenstr

DOI 10.1055/a-2285-3223

ISSN 1438-9029

© 2024. Thieme. All rights reserved.

Georg Thieme Verlag KG, Rüdigerstraße 14, 70469 Stuttgart, Germany

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. Peter Bannas

Department of Radiology, University Medical Center Hamburg-Eppendorf, Martinistraße 52, 20246 Hamburg, Germany

p.bannas@uke.de

 English version at: <https://doi.org/10.1055/a-2285-3223>.

ZUSAMMENFASSUNG

Ziel Die vorliegende Arbeit erläutert die Funktion und Struktur unterschiedlicher Abbildungsformen und bietet eine Anleitung für die Gestaltung aussagekräftiger Abbildungen in wissenschaftlichen radiologischen Publikationen.

Methode Basierend auf der Fachliteratur sowie eigener Erfahrung haben wir eine Anleitung verfasst, welche die gezielte Gestaltung aussagekräftiger Abbildungen für wissenschaftliche radiologische Publikationen unterstützen soll.

Ergebnisse Aussagekräftige Abbildungen spielen eine zentrale Rolle in radiologischen Publikationen, indem sie komplexe Inhalte anschaulich vermitteln und so deren Nachvollziehbarkeit erleichtern. Die unterschiedlichen Arten von Abbildungen haben spezifische Stärken, die gezielt eingesetzt

werden müssen, um eine optimale Wirkung zu erzielen. Das Zusammenspiel der Abbildungen spinnt den „roten Faden“ einer Publikation und führt die Leserschaft in einem konsistenten und leicht nachvollziehbaren Format durch die Beantwortung der wissenschaftlichen Fragestellung. Die sorgfältige Koordination (*Beweiskette*) und Gestaltung der einzelnen Abbildungen sind entscheidend, um die zentrale Hypothese der Publikation überzeugend zu belegen.

Schlussfolgerung Die Gestaltung aussagekräftiger Abbildungen und deren sorgfältige Koordination sind ein entscheidender Faktor für die erfolgreiche Veröffentlichung einer radiologischen Publikation.

Kernaussagen

- Unterschiedliche Arten von Abbildungen haben spezifische Stärken, die gezielt genutzt werden sollten, um eine optimale Wirkung zu erzielen.
- Das Zusammenspiel der einzelnen Abbildungen spinnt den „roten Faden“ einer Publikation und führt die Leserschaft durch die Beantwortung der wissenschaftlichen Fragestellung.
- Die richtige Kombination der unterschiedlichen Abbildungsformen ermöglicht eine effektive und präzise Vermittlung der Forschungsergebnisse.
- Die sorgfältige Koordination (*Beweiskette*) und die effektive Gestaltung der einzelnen Abbildungen sind entscheidend, um die zentrale Hypothese der Publikation überzeugend zu belegen.
- Die sorgfältige Koordination und Gestaltung der Abbildungen einer radiologischen Publikation sind ein entscheidender Faktor für die erfolgreiche Veröffentlichung.

Zitierweise

- Pape LJ, Hambach J, Bannas P. Instructions for figures in radiological research publications. Fortschr Röntgenstr 2024; DOI 10.1055/a-2285-3223

ABSTRACT

Purpose In this paper, we explain the function and structure of different types of figures and provide guidance on how to create effective figures for radiological research publications.

Method Based on scientific literature and our own experience, we have compiled a series of instructions to support the purposeful creation of effective figures for radiological research publications.

Results Effective figures play a crucial role in radiological research publications by clearly visualizing complex content and thereby enhancing its comprehensibility. Different types of figures have distinct strengths that should be strategically employed for optimal impact. The interplay between figures weaves the “*common thread*” of a publication, facilitating reader comprehension and providing a straightforward path to the answer of the central research question. The systematic coordination (*line of evidence*) and effective design of individual figures are crucial to compellingly support the publication’s central hypothesis.

Conclusion The deliberate creation and coordination of figures in radiological research publications are decisive factors for successful publishing.

Key Points

- Different types of figures have distinct strengths that should be strategically employed for optimal impact.
- The interplay between figures weaves the “*common thread*” of a publication, facilitating reader comprehension and providing a straightforward path to the answer of the central research question.
- The appropriate coordination of different types of figures enables an effective and precise presentation of the research findings.
- The systematic coordination (*line of evidence*) and effective design of individual figures are crucial to compellingly support the publication’s central hypothesis.
- The deliberate creation and coordination of figures in radiological research publications are decisive factors for successful publishing.

Einleitung

Aussagekräftige Abbildungen spielen eine zentrale Rolle in radiologischen Publikationen, indem sie komplexe Inhalte anschaulich vermitteln und so deren Nachvollziehbarkeit erleichtern [1, 2, 3, 4].

Das Zusammenspiel der einzelnen Abbildungen spinnt den „*roten Faden*“ einer Publikation und führt die Leserschaft in einem konsistenten und leicht nachvollziehbaren Format durch die Beantwortung der wissenschaftlichen Fragestellung. Die sorgfältige Koordination („*Beweiskette*“) und Gestaltung der einzelnen Abbildungen sind entscheidend, um die zentrale Hypothese der Publikation überzeugend zu belegen.

Eine suboptimale Gestaltung und Koordination der Abbildungen können dazu führen, dass wissenschaftliche Daten missverstanden werden und/oder eine Publikation nicht zur Veröffentlichung angenommen wird [5]. Abbildungen sind neben dem Abstract für die Gutachtenden entscheidend bei der Beurteilung einer Publikation. Sie offenbaren auf einen Blick, ob bei ihrer Gestaltung Sorgfalt aufgebracht wurde. Sorgfältig gestaltete Abbildungen, welche die erhobenen Daten klar und unverzerrt abbilden, lassen vermuten, dass auch bei der Durchführung der eigentlichen Studie Sorgfalt aufgebracht wurde. Diese Erkenntnis beeinflusst bewusst oder unbewusst den Entscheidungsprozess.

Daher sind eine optimale Koordination und Gestaltung der Abbildungen ein entscheidender Faktor für die erfolgreiche Veröffentlichung.

Die vorliegende Arbeit erläutert die Funktion und Struktur unterschiedlicher Abbildungsformen und bietet eine Anleitung für die Erstellung aussagekräftiger Abbildungen in radiologischen Publikationen.

Stärken und Schwächen unterschiedlicher Formen der Datenpräsentation

Die wissenschaftlichen Ergebnisse radiologischer Studien können in unterschiedlicher Form präsentiert werden. Inhalt und Gestaltung der ausgewählten Abbildungen spielen eine zentrale Rolle, da sie die Grundlage des Ergebnisteils der Publikation bilden [5].

Unterschiedliche Abbildungsformen weisen spezifische Stärken und Schwächen auf (► **Tab. 1**) [4]. Die Kenntnis dieser Stärken und Schwächen ist entscheidend, um die aussagekräftigste Abbildungsform auszuwählen und so die wissenschaftlichen Ergebnisse optimal zu kommunizieren.

Ergebnisse können grundsätzlich in Form von Textaussagen, Tabellen, Graphen, Schemazeichnungen oder radiologischen Bildbefunden präsentiert werden [5].

► **Tab. 1** Stärken und Schwächen unterschiedlicher Formen der Datenpräsentation.

| | Text | Tabelle | Graph | Schemazeichnung | Bildbefund |
|-----------|------|---------|-------|-----------------|------------|
| Inhalt | +++ | ++++ | ++ | + | + |
| Präzision | +++ | +++ | ++ | + | ++ |
| Wirkung | + | ++ | ++++ | +++ | +++ |
| Interesse | + | ++ | +++ | ++++ | ++++ |

Die ‚+‘-Zeichen dienen als relative Skala von ‚+‘ (schwach) bis ‚++++‘ (stark). Adaptiert nach F.L. Rosenfeldt et al. *Heart Lung Circ* 2000; 9: 82–87

Die Textform erlaubt eine hohe Präzision und inhaltliche Dichte, hat jedoch die geringste visuelle Wirkung und erzeugt am wenigsten Interesse.

Tabellen bieten sich an, um umfangreiche Daten in einer präzisen, übersichtlichen Form zu organisieren. Sie haben eine etwas stärkere visuelle Wirkung als reiner Text.

Graphen ermöglichen die klare und anschauliche Visualisierung von Daten. Sie verdeutlichen am besten Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen Parametern und wecken durch ihre starke visuelle Wirkung das Interesse der Leserschaft. Im Vergleich zu Tabellen haben Graphen eine geringere Präzision, da beispielsweise exakte numerische Werte nicht aus einem Kurvendiagramm ablesbar sind.

Schemazeichnungen und radiologische Bildbefunde haben die stärkste visuelle Wirkung und erzeugen dadurch das größte Interesse der Leserschaft [4].

Die gezielte Kombination der unterschiedlichen Abbildungsformen ermöglicht es, das Interesse der Leserschaft (Graphen, Schemata, Bildbefunde) zu wecken und gleichzeitig die erforderliche hohe Präzision (Textform, Tabellen) zu gewährleisten.

Zusammenfassend trägt die gezielte Kombination der unterschiedlichen Abbildungsformen maßgeblich zur effektiven und präzisen Vermittlung der Forschungsergebnisse bei.

Optimale Präsentation radiologischer Bildbefunde

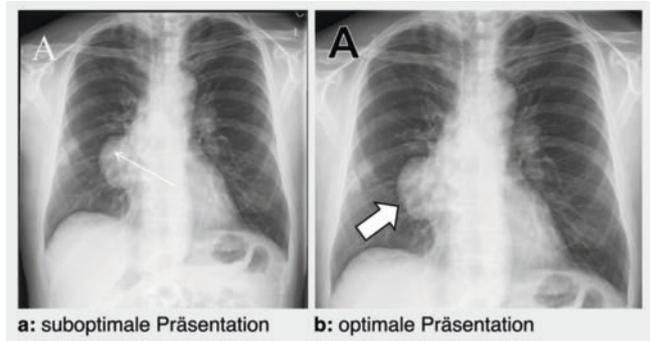
Radiologische Bildbefunde wie Röntgen-, CT- oder MRT-Bilder sind naturgemäß essenzieller Bestandteil wissenschaftlicher radiologischer Publikationen [2, 3, 5].

Die sorgfältige und repräsentative Auswahl der Bildbefunde ist Voraussetzung, um von den auf ihnen basierenden wissenschaftlichen Ergebnissen der Studie zu überzeugen.

Eine hervorragende Bildqualität ist hierfür unabdingbar. Dazu gehören eine hohe Auflösung und ein gutes Kontrastverhältnis. In der Regel geben die Verlage genaue Richtlinien für die minimale/maximale Auflösung und das Dateiformat vor. Bei *Fortschr Röntgenstr* werden für Farb- und Schwarzweißabbildungen 300 dpi vorausgesetzt, für Illustrationen mindestens 600 dpi [6]. Es empfiehlt sich, für alle Abbildungen dieselbe Auflösung zu wählen. Beschriftungen, die eine Identifizierung der Probanden oder Patientinnen ermöglichen könnten, müssen entfernt werden.

Helligkeit und Kontrast des Bildes sollten bereits vor dem Export aus dem PACS so angepasst werden, dass der Hauptbefund optimal zur Darstellung kommt. Nachträgliche Bildbearbeitungen sind zu vermeiden. Der relevante Bildbefund sollte durch allseitiges Zuschneiden vergrößert und idealerweise in den Mittelpunkt des Bildes gerückt werden [7].

Annotationen innerhalb der Abbildungen sollten mit serifenlosen Schriften wie z. B. Arial in Fettdruck vorgenommen werden, um die Lesbarkeit zu optimieren [7, 8]. Dabei ist darauf zu achten, eine schwarze Schrift vor einem weißen Hintergrund bzw. umgekehrt zu wählen. Um die Lesbarkeit weiter zu verbessern, empfiehlt sich insbesondere vor Hintergründen mit inhomogener Helligkeit die kontrastreiche Umrandung der Buchstaben (weiß an schwarz oder umgekehrt) [9].



► **Abb. 1 Vergleich einer suboptimalen mit einer optimalen Präsentation eines radiologischen Bildbefundes.** **a** Suboptimale Präsentation des Hauptbefundes, in diesem Fall eines Bronchialkarzinoms. Das Bild wurde nicht allseits zugeschnitten, wodurch der Hauptbefund klein zur Darstellung kommt. Die Panel-Beschriftung „A“ ist ebenfalls zu klein und durch die verwendete weiße Serifenschrift auf weißem Hintergrund schwer lesbar. Der Pfeil ist zu dünn und durch die weiße Farbe auf dem weißen Hintergrund nur schwer abgrenzbar. Darüber hinaus überdeckt der Pfeil den Hauptbefund, dies gilt es zu vermeiden. **b** Optimale Präsentation desselben Befundes. Das Bild wurde allseits zugeschnitten, um den relevanten Bildbefund zu vergrößern und in den Fokus zu rücken, idealerweise in das Zentrum des gewählten Bildausschnitts. Die Lesbarkeit der Panel-Beschriftung „A“ wird durch eine serifenlose und fette Schriftart verbessert, die idealerweise eine kontrastreiche Umrandung aufweist (weiß an schwarz oder umgekehrt, abhängig von der Helligkeit des Hintergrunds). Die Umrandung der Buchstaben bietet sich besonders bei Hintergründen mit inhomogener Helligkeit an. Der Pfeil ist breit, ebenfalls umrandet und reicht bis direkt an den Hauptbefund heran, jedoch ohne diesen zu überdecken.

Pfeile sind hilfreich, um auf Befunde hinzuweisen [10]. Sogenannte Pfeilspitzen sollten nur wenn nötig eingesetzt werden. Sie müssen eindeutig auf den Befund zeigen, weshalb gleichseitige Dreiecke zu vermeiden sind [11]. Auch diese Markierungen sollten ausreichend groß sein und sich kontrastreich vom Hintergrund abheben. Markierungen sollten bis an den Befund heranreichen, diesen jedoch nicht überdecken.

► **Abb. 1** illustriert diese Aspekte durch den Vergleich eines suboptimal präsentierten radiologischen Bildbefundes mit einer optimalen Darstellung.

Bei der Koordination aller Abbildungen der Publikation sind einheitliche Beschriftungen und Markierungen wichtig, um eine klare Bildsprache zu gewährleisten. Visuelle Konsistenz wird durch eine uniforme Schriftart und -größe erreicht. Daher sollte im Vorfeld bedacht werden, ob eine Abbildung im finalen Druck nur eine Spalten- oder eine ganze Seitenbreite einnehmen wird.

Im Fließtext des Manuskripts sind alle Tabellen und Abbildungen jeweils in numerischer Reihenfolge zu referenzieren. Dabei werden Inhalt und Aussage jeder Tabelle und Abbildung kurz erläutert. Im Fließtext wird nicht der gesamte Inhalt der Abbildungslegenden wiederholt, sondern werden nur die relevantesten Ergebnisse hervorgehoben. Die in den Abbildungen visualisierten Informationen sollen die im Haupttext gemachten Aussagen untermauern [3].

Zusammenfassend gewährleisten die sorgfältige Auswahl des Bildbefundes, eine hohe Qualität des Bildmaterials sowie konsistente Beschriftungen eine klare und effektive Kommunikation der demonstrierten radiologischen Befunde.

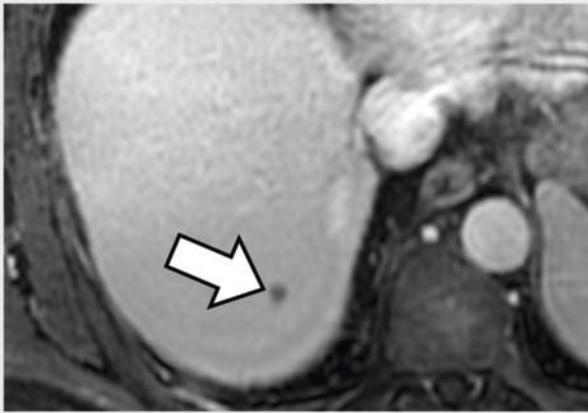


Fig. X: Improved detection of small hepatic metastases. Contrast-enhanced axial fat-saturated T1-weighted liver MRI in a 42-year-old man with colorectal cancer. Note the improved conspicuity of the metastasis (arrow).

► **Abb. 2** **Essenzielle Bestandteile einer optimalen Abbildungslegende für einen radiologischen Bildbefund.** Eine optimale Abbildungslegende sollte mit einem prägnanten „Titelsatz“ beginnen, der den Inhalt oder die Aussage der Abbildung zusammenfasst (rot). Dies ermöglicht es der Leserschaft, den Inhalt der Abbildung sofort zu erfassen. Die Lesbarkeit wird verbessert, indem dieser erste Satz fett formatiert wird. Es folgen obligatorische Informationen zur Technik und zum Patienten bzw. zur Patientin. Dazu gehören Angaben zu Kontrastverstärkung (gelb), Schichtführung (blau) und zur Bildgebungstechnik (lila). Darüber hinaus ist die Angabe des Alters und Geschlechts (orange) sowie der Diagnose (grün) der untersuchten Person obligatorisch. Außerdem wird die Bedeutung eingefügter Bildelemente (Pfeil) erläutert. Wie in ► **Abb. 1** beschrieben, wurde das vorliegende Bild allseits zugeschnitten, um den relevanten Befund zu vergrößern und in den Fokus zu rücken. Der Pfeil wurde kontrastreich umrandet und reicht bis direkt an den Befund heran, jedoch ohne diesen zu verdecken.

Aussagekräftige Abbildungslegenden

Zu jeder guten wissenschaftlichen Abbildung gehört eine aussagekräftige Abbildungslegende [3]. Jede einzelne Abbildung muss zusammen mit ihrer Legende für sich allein stehen können und ohne Lektüre des Haupttextes verständlich sein [5].

Die Abbildungslegende sollte mit einem resümierenden Satz beginnen, den wir als „Titelsatz“ bezeichnen. Dieser fasst den Inhalt oder die Aussage der Abbildung zusammen, um der Leserschaft ein einfaches Erfassen der Abbildung zu ermöglichen.

Im Falle radiologischer Bildbefunde folgen obligatorische Informationen zur Bildgebungstechnik (► **Abb. 2**) [3]:

1. Art der Bildgebungstechnik: konventionelles Röntgen, CT, MRT etc.
2. Einsatz von Kontrastmittel: ja/nein, eingesetztes Kontrastmittel
3. Schichtführung: axial/koronal/sagittal
4. MRT: Angabe der Sequenztechnik
5. CT: Angabe der Fenstereinstellung (ggf. Angabe Hounsfield-Einheiten)
6. PET/CT: Angabe des Tracers (z. B. [^{18}F] FDG)

Es folgen obligatorische Angaben zu Patient oder Patientin:

1. Alter
2. Geschlecht
3. Diagnose der Erkrankung

Die Bedeutung eingefügter Bildelemente (Pfeile etc.) wird in der Abbildungslegende erläutert. Die Erläuterung eines hervorgehobenen Befunds kann die Kernaussage des Titelsatzes unterstreichen und so die Legende mit einem konklusiven Statement abschließen („Note the XY [arrow]“).

Zusammenfassend sollten Abbildungslegenden mit einem prägnanten „Titelsatz“ beginnen. Radiologische Bildbefunde sollten alle Informationen zur Bildgebungstechnik sowie zur Klinik enthalten. Grundsätzlich soll jede Abbildung zusammen mit ihrer Legende für sich selbst stehen können.

Das „Figure-Drehbuch“ als roter Faden

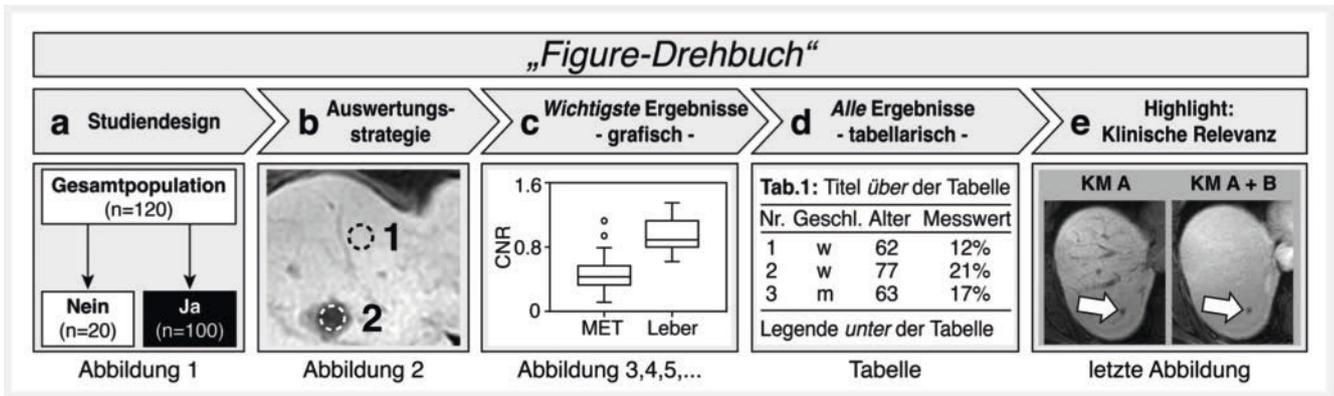
Die sorgfältige Koordination und Abstimmung der einzelnen Abbildungen verleihen der gesamten Publikation einen „roten Faden“. Die gezielte Koordination der einzelnen Abbildungen bildet die *Beweiskette*, welche die zentrale Hypothese der Publikation belegt. Hierbei ist es wichtig, die Abbildungen aufeinander aufzubauen und so die einzelnen Abschnitte schlüssig miteinander zu verbinden. Dadurch entsteht ein einheitliches Ensemble, welches die *„Geschichte“* des gesamten Manuskripts erzählt [9, 12].

Wir empfehlen die Erstellung eines von uns so genannten *„Figure-Drehbuchs“* vor Beginn der detaillierten Ausarbeitung der Abbildungen. Dieses dient als konkrete Diskussionsgrundlage für die Herausarbeitung eines roten Fadens. Praktisch besteht das Figure-Drehbuch aus einem Text-Dokument, in das zunächst vorläufige Abbildungen und Tabellen eingefügt werden. Für jede dieser Abbildungen wird zuerst der *„Titelsatz“* (siehe oben) der Abbildungslegende formuliert, welcher die Aussage der Abbildung prägnant zusammenfasst. Das Figure-Drehbuch bildet so die wissenschaftliche *Beweiskette* und verbindet das bereits formulierte *Ziel* der Studie mit ihrer vorläufigen *Schlussfolgerung*.

Im Zuge der Manuskripterstellung wird das Figure-Drehbuch iterativ überarbeitet, bis sich ein klarer roter Faden herausbildet. Wir empfehlen, anhand des Figure-Drehbuchs den Ergebnisteil des Manuskripts zu verfassen [13].

Im Verlauf der Überarbeitungen entsteht ein Text-Dokument, welches die finalen Abbildungen inklusive der Abbildungslegenden enthält. Wir empfehlen, bis zur finalen Einreichung des Manuskripts mit diesem *„Drehbuch-Dokument“* sowie einem *„Haupttext-Dokument“* zu arbeiten. Beide Dokumente in Kombination ermöglichen eine Seit-an-Seit-Bearbeitung von Abbildungen, Legenden und Haupttext.

Weiterhin empfehlen wir, das finale Figure-Drehbuch in Papierform auszudrucken, um die Abbildungen hinsichtlich der zu erwartenden Druckdarstellung zu überprüfen. Die eingefügten Abbildungen sollten hierbei auf die erwartete Druckgröße (Spalten- oder Seitenbreite) skaliert werden. Jede Abbildung bekommt eine eigene Seite im Text-Dokument. Die Legende wird darunter gesetzt, idealerweise formatiert als „Times New Roman“, 12pt [14]. Als Faustregel gilt bei der Überprüfung des Ausdrucks, dass die



► **Abb. 3 Schematische Darstellung des „Figure-Drehbuchs“.** Die Abbildungen einer Publikation vermitteln mit ihrem Inhalt und ihrer Reihenfolge den roten Faden der Studie und bilden so das „Figure-Drehbuch“. **a** Die erste Abbildung dient der Visualisierung des Studiendesigns mit den Einschluss- und Ausschlusskriterien. **b** Die zweite Abbildung illustriert die Messmethoden und die Auswertungsstrategie. **c** Die dritte Abbildung dient der grafischen Präsentation der wichtigsten Ergebnisse, um die Schlüsselerkenntnisse wirkungsvoll zu vermitteln. **d** Tabellen dienen der präzisen und übersichtlichen Präsentation aller Ergebnisse. **e** Die letzte Abbildung ist eine „Highlight-Figure“, welche die klinische Relevanz der Studie besonders hervorhebt.

Beschriftungen innerhalb der Abbildungen etwa die gleiche Größe haben sollten wie die Schrift der Abbildungslegende darunter.

Inhaltlich gibt das Figure-Drehbuch den erzählerischen Rahmen des Manuskripts vor. Die aufeinander abgestimmten und aufbauenden Abbildungsformen des Figure-Drehbuchs sind in

► **Abb. 3** illustriert.

Für radiologische Originalarbeiten bietet sich folgende Organisation an:

1. Schematische Visualisierung des Studiendesigns bzw. des Versuchsaufbaus
2. Illustration von Messmethoden und Auswertungsstrategien
3. Grafische Darstellung der *wichtigsten* Ergebnisse
4. Tabellarische Zusammenfassung *aller* Ergebnisse
5. „Highlight-Figure“ zur Hervorhebung der klinischen Relevanz der Studie

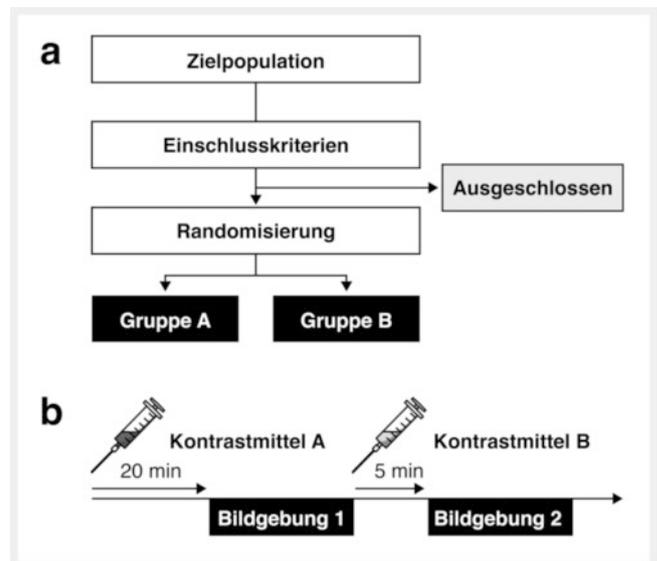
Dieses Schema dient als organisatorische Richtschnur und lässt sich selbstverständlich an das individuelle Manuskript anpassen. Bei Bedarf können Punkte mehrfach vorkommen oder ausgelassen werden.

Zusammenfassend bildet das „Figure-Drehbuch“ den organisatorischen Rahmen für die koordinierte und aufeinander abgestimmte Präsentation der Abbildungen in wissenschaftlichen Publikationen.

Die erste Abbildung: Visuelle Darstellung der Studie oder des Experiments

Als *erste* Abbildung einer Publikation bieten sich Schemazeichnungen und Illustrationen an. Diese dienen dazu, komplexe Studien oder Versuchsaufbauten intuitiv und übersichtlich zu vermitteln (► **Abb. 4**) [15].

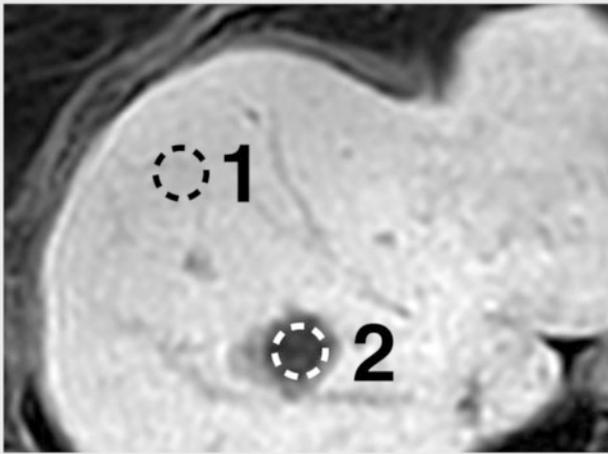
Der Vorteil schematischer Darstellungen besteht darin, dass verschiedene Komponenten und ihre Anordnung sowie der zeitliche Verlauf illustriert werden können. Zudem ermöglichen sie die Hervorhebung entscheidender Aspekte, indem unwichtige Komponenten ausgelassen und relevante Komponenten größer darge-



► **Abb. 4 Visuelle Darstellung eines Untersuchungsablaufs.** Die *erste* Abbildung der Publikation dient dazu, selbst komplexe Studien oder Versuchsaufbauten auf einen Blick nachvollziehbar darzustellen **a** Das *Studiendesign* klinischer Studien wird mit allen Ein- und Ausschlusskriterien dargestellt, um die Studiengruppen genau zu charakterisieren und so die Reproduzierbarkeit der Studie zu gewährleisten. **b** Der *Versuchsaufbau* experimenteller Studien wird als Schemazeichnung illustriert und ermöglicht so die visuelle Darstellung unterschiedlicher Komponenten und ihrer Anordnung sowie der zeitlichen Abläufe.

stellt werden [9]. Im Idealfall benötigt eine gute Visualisierung im Vergleich zu reinem Text weniger Platz, um die gleiche Menge an Informationen zu vermitteln [15].

Zu den Qualitätsmerkmalen guter Schemazeichnungen und Illustrationen gehört eine konsistente Bildsprache: Wird beispielsweise ein bestimmtes Verfahren mehrmals dargestellt, sollte dafür innerhalb der Abbildung sowie in späteren Abbildungen stets dasselbe Symbol und/oder dieselbe Farbe verwendet werden.



► **Abb. 5 Illustration der Messmethoden und der Auswertungsstrategie.** Die zweite Abbildung der Publikation illustriert die Messmethoden und die Auswertungsstrategie. In unserem Bildbeispiel veranschaulicht die Platzierung der *regions of interest* (ROIs), wie die Signalintensitätswerte des gesunden Lebergewebes (ROI: 1) und der Metastasen (ROI: 2) erhoben wurden. Auf diesen Werten basieren die statistischen Analysen und Ergebnisse sowie letztendlich die Schlussfolgerungen der gesamten Studie. Im Bildbeispiel sind die ROIs zur verbesserten Abgrenzung kontrastreich gestaltet (weiß an schwarz bzw. umgekehrt sowie zusätzlich gestrichelt) und eindeutig beschriftet. Exemplarisch dargestellt ist die ROI-Platzierung in einer MRT-Kontrastmittelstudie zur Detektion hepatischer Metastasen.

Zusammenfassend dienen Schemazeichnungen und Illustrationen dazu, komplexe Studiendesigns intuitiv und mit einer hohen inhaltlichen Dichte zu vermitteln.

Die zweite Abbildung: Illustration der Messmethoden und Auswertungsstrategien

Die zweite Abbildung der Publikation dient dazu, die im Rahmen der Studie durchgeführten Messungen und Analysen für die Leserschaft nachvollziehbar zu machen (► **Abb. 5**). Exemplarische radiologische Bildbefunde eignen sich besonders, um einen exakten und authentischen Eindruck des generierten Bildmaterials sowie der Auswertungsstrategie zu vermitteln.

Die Auswertungsstrategie kann beispielsweise durch die Einzeichnung von Lokalisation und Größe der analysierten *regions of interest* (ROIs) in den ausgewählten Bildbeispielen illustriert werden. Die demonstrierten Auswertungsstrategien sind die Grundlage der später präsentierten Ergebnisse. Diese „Datenquellen“ sollten daher überzeugend präsentiert werden, um die Ergebnisse und die daraus gezogenen Schlussfolgerungen als „Fundament“ zu untermauern.

Die Visualisierung der Auswertungsstrategie ist zudem Voraussetzung für einen zentralen Aspekt guter wissenschaftlicher Praxis: Sie gewährleistet eine zukünftige Reproduzierbarkeit der durchgeführten Untersuchungen.

Zusammengefasst unterstützt die sorgfältige Illustration der Messmethoden und der Auswertungsstrategie das Verständnis und die Belastbarkeit der nachfolgend präsentierten Analysen.

Die dritte Abbildung: Grafische Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

Die dritte Abbildung der Publikation dient der Präsentation der wichtigsten Ergebnisse der Studie in grafischer Form, um die Schlüsselerkenntnisse effektiv zu vermitteln [9].

Für eine klare Übermittlung der Daten ist es essentiell, die grafisch visualisierten Informationen auf das notwendige Minimum zu reduzieren [9]. Nur dann ist der Inhalt der Graphen leicht zu erfassen und einprägsam. Die Leserschaft kann so selbst intuitiv Muster und Trends erkennen und interpretieren. Nicht grafisch visualisierte Daten sollten vollständig in den Supplements oder z. B. in Tabellen wiedergegeben werden, um eine optimale Transparenz und Nachvollziehbarkeit zu gewährleisten.

Bei der Gestaltung der Graphen sollten Beschriftungen, Farben, Hilfslinien und Skalenstriche bewusst und sparsam eingesetzt werden. Auf ein inhaltlich sinnvolles Minimum reduzierte grafische Elemente lenken den Blick auf die eigentlichen Daten [12].

Weiterhin ist die Auswahl des verwendeten Graphen zentral für die nachvollziehbare und aussagekräftige Visualisierung der erhobenen Daten. Richtlinien zur grafischen Darstellung wissenschaftlicher Daten fordern dazu auf, neben den Mittelwerten auch die einzelnen Datenpunkte sowie die Verteilung der Messwerte darzustellen [16, 17, 18]. Konkret bedeutet dies, dass simple Balkendiagramme für die Präsentation kontinuierlicher biomedizinischer Daten nicht ausreichen. Stattdessen werden Boxplots und Streudiagramme empfohlen, welche die Daten umfassend abbilden [17, 19].

Auf den Einsatz roter und grüner Farben zur Differenzierung der Daten sollte verzichtet werden, um Graphen für Menschen mit Farbsehschwäche barrierefrei zu gestalten [20, 21].

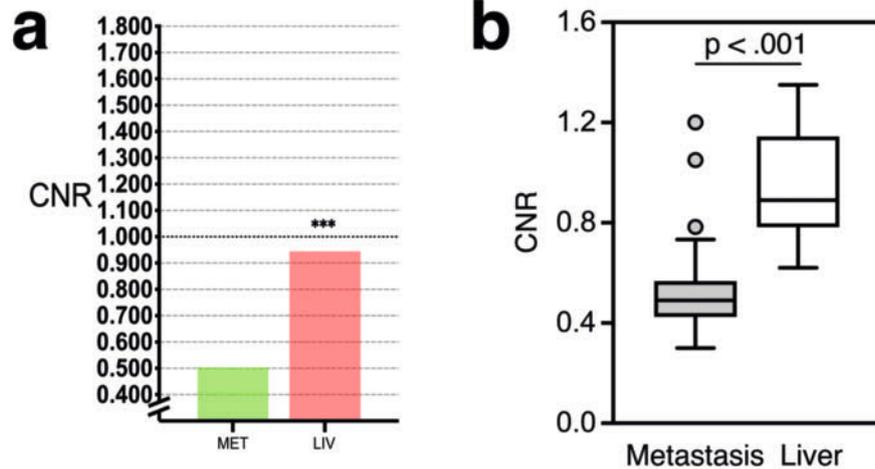
Der Vergleich einer suboptimalen mit einer optimalen grafischen Präsentation ist in ► **Abb. 6** illustriert.

Zusammenfassend dienen Graphen dazu, die wichtigsten Studienergebnisse ansprechend und wirkungsvoll zu vermitteln. Hierbei sind eine sorgfältige Auswahl der präsentierten Daten und eine klare Gestaltung der Graphen essenziell. Alle nicht visualisierten Daten sollte in Tabellen oder den Supplements einsehbar sein.

Tabellen: Übersicht aller Messwerte

Tabellen eignen sich, um übersichtlich und präzise alle erhobenen Daten zu präsentieren. Durch die umfassende und präzise Darstellung aller erhobenen Parameter ermöglichen sie der Leserschaft die selbstständige kritische Analyse der Ergebnisse und ggf. weitere Berechnungen (beispielsweise Fallzahlplanung für zukünftige Studien).

Jede Tabelle besteht aus drei Elementen; dem Titel, der eigentlichen Tabelle und der Legende. Deren genauer Aufbau variiert je nach Vorgaben des ausgewählten Journals.



► **Abb. 6 Vergleich suboptimaler und optimaler grafischer Präsentationen.** Die dritte Abbildung der Publikation präsentiert die wichtigsten Ergebnisse grafisch, um effektiv die Schlüsselerkenntnisse zu vermitteln. **a** Suboptimale Ergebnispräsentation. Balkendiagramme sind suboptimal, da aus ihnen Lagemaße und Streuung nicht ersichtlich sind. Im Bildbeispiel ist die Y-Achse unten abgeschnitten, wodurch ein größerer Unterschied zwischen beiden Gruppen suggeriert wird. Darüber hinaus ist die Y-Achse oben zu lang, wodurch die Balken klein zur Darstellung kommen. Die Beschriftung der Y-Achse hat zu viele Nachkommastellen und die fette Schrift lenkt vom Inhalt ab. Die Farben der Balken sind nicht barrierefrei. Die Signifikanzangabe (Sterne) ist missverständlich. **b** Optimierte Präsentation der gleichen Daten wie in a. Boxplots erlauben die visuelle Darstellung relevanter statistischer Kenngrößen wie Lagemaße (hier Median, horizontaler Strich), Quartile (Box) sowie des Konfidenzintervalls (Whisker). Ausreißer (Kreise) sind eindeutig identifizierbar. Die Achsen sind übersichtlich beschriftet. Die Y-Achse beginnt unten bei Null und endet oben angepasst an die maximalen Werte der Daten, um die relevanten Graphen unverzerrt und möglichst groß zu präsentieren. Die Boxplots sind hell bzw. dunkel darstellt, um eine bessere Unterscheidbarkeit auch für Menschen mit Farbsehschwäche zu ermöglichen. Das Signifikanzniveau ist unmissverständlich als konkreter p-Wert angegeben.

Als Richtlinie gilt: Der Titel steht *über* der Tabelle (► **Abb. 3d**) [8, 22]. Dieser fasst den Inhalt der Tabelle prägnant zusammen, vergleichbar mit dem „Titelsatz“ der Abbildungslegende (siehe oben).

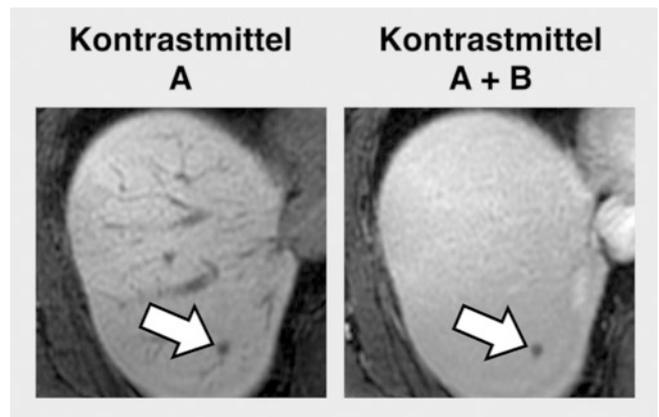
Die eigentliche Tabelle sollte in einem klaren und simplen Format mit sinnvollen Gruppierungen gestaltet werden. Wir empfehlen, auf senkrechte Linien zu verzichten, da diese die Lesbarkeit innerhalb einer Reihe stören [7]. Waagerechte Linien werden nur sparsam eingesetzt, um Abschnitte der Tabelle zu unterscheiden oder Gruppen hervorzuheben [22].

Die Legende steht in der Regel *unter* der Tabelle. Sie erläutert Tabelleneinträge sofern nötig und definiert Abkürzungen sowie statistische Signifikanzangaben (► **Abb. 3d**). Die Legende dient dazu, die Daten richtig zu interpretieren, ohne auf zusätzliche Informationen im Haupttext zurückgreifen zu müssen.

Zusammenfassend ermöglichen Tabellen eine übersichtliche und präzise Präsentation großer Datenmengen. Eine klare Formattierung und informative Legenden fördern die Verständlichkeit.

Die letzte Abbildung: „Highlight-Figure“

Als letzte Abbildung einer Publikation bietet sich eine sogenannte „Highlight-Figure“ an. Diese dient dazu, die klinische Relevanz der Studie anhand eines konkreten Falls hervorzuheben. Hierbei wird beispielsweise herausgearbeitet, wie die neu beforschte Methode gegenüber einer alten Methode das Management oder das Outcome des Patienten bzw. der Patientin beeinflusst hat. Auf diese Weise wird die potenzielle praktische Anwendbarkeit der neuen



► **Abb. 7 „Highlight-Figure“ zur Illustration der klinischen Relevanz der Studie.** Die letzte Abbildung ist eine „Highlight-Figure“, die an einem konkreten Fall die klinische Relevanz der Studie hervorhebt. Gut geeignet ist hierfür beispielsweise die direkte Gegenüberstellung der etablierten Methode im Vergleich zur neu untersuchten Methode. Hierbei wird herausgearbeitet, wie die neue Methode gegenüber der alten Methode das Management oder das Outcome des Patienten bzw. der Patientin beeinflusst hat. Im gezeigten MRT-Bildbeispiel wurde eine kleine Lebermetastase mit der etablierten Methode übersehen (Kontrastmittel A), während sie durch die neu untersuchte Kombination zweier Kontrastmittel (Kontrastmittel A + B) einfach zu detektieren war. Die Detektion dieser Metastase hat das interdisziplinäre Management der betroffenen Patientin beeinflusst und verdeutlicht so die potenzielle klinische Bedeutung der neuen Methode (adaptiert aus Bannas et al. Eur Radiol 2017; 27(1): 32–40).

Methode realitätsnah dargestellt. Der Einsatz einer Highlight-Figure ist in ► **Abb. 7** an einem konkreten Beispiel illustriert.

Zusammenfassend veranschaulicht die Highlight-Figure die klinische Relevanz der Studie. Darüber hinaus weckt diese nach einem möglicherweise anstrengenden Studium des Ergebnisteils am Ende der Lektüre nochmals das Interesse der Leserschaft.

Zusammenfassung

Aussagekräftige Abbildungen spielen insbesondere in der Radiologie eine zentrale Rolle bei der Publikation wissenschaftlicher Manuskripte. Die richtige Auswahl der Abbildungsformen anhand ihrer spezifischen Stärken trägt maßgeblich zur Vermittlung der Forschungsergebnisse bei. Eine hohe Qualität des Bildmaterials und eine sorgfältige Gestaltung der Beschriftungen und Markierungen gewährleisten eine verständliche Kommunikation.

Das „*Figure-Drehbuch*“ bildet den organisatorischen Rahmen für die koordinierte und bewusst abgestimmte Präsentation der Abbildungen und Tabellen. Jede einzelne Abbildung baut als Teil der wissenschaftlichen *Beweiskette* auf den vorangehenden Abbildungen auf und übernimmt im Manuskript eine spezifische Funktion. Auf diese Weise spinnen die Abbildungen einen klaren „*roten Faden*“, welcher die Leserschaft durch die Beantwortung der wissenschaftlichen Fragestellung führt.

Die *erste* Abbildung eines Manuskripts dient der schematischen Visualisierung und intuitiven Vermittlung des Studiendesigns. Die *zweite* Abbildung dient der Illustration der Messmethoden und Auswertungsstrategie anhand exemplarischer radiologischer Bildbefunde. Die *dritte* Abbildung dient dazu, die wichtigsten Studienergebnisse in grafischer Form wirkungsvoll und überzeugend zu vermitteln. *Tabellen* dienen der übersichtlichen und präzisen Präsentation großer Datenmengen. Als *letzte* Abbildung eines Manuskripts empfehlen wir eine „*Highlight-Figure*“, welche die klinische Relevanz und den potenziellen „*Impact*“ der Studie hervorhebt.

Schlussfolgerung

Die sorgfältige Gestaltung und Koordination der Abbildungen einer radiologischen Publikation sind ein entscheidender Faktor für die eindeutige, inhaltsstarke Kommunikation der Forschungsergebnisse und die erfolgreiche Veröffentlichung.

Fördermittel

Werner Otto Stiftung (17/102) | <http://dx.doi.org/10.13039/501100017519> | Deutsche Forschungsgemeinschaft (310/16-1) | <http://dx.doi.org/10.13039/501100001659> | Bundesministerium für Bildung und Forschung | <http://dx.doi.org/10.13039/501100002347>

Danksagung

Wir danken Prof. Dr. med. Gerhard Adam und Prof. Dr. med. Friedrich Koch-Nolte für ihre hilfreichen Kommentare und das Einbringen ihrer langjährigen Erfahrung. Wir danken Anya Duttmann und Anna Josephine Gebhardt für die kritische Revision des Manuskripts.

Interessenkonflikt

Die Autorinnen/Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

References

- [1] Bannas P, Adam G, Bley TA. Anleitung zu wissenschaftlichen radiologischen Publikationen. *Fortschr Röntgenstr* 2013; 185: 533–538. doi:10.1055/s-0032-1330747
- [2] Offiah AC, Chu WCW, Davis R et al. How to prepare successful scientific manuscripts: practical advice from editors of radiology journals. *Pediatr Radiol* 2014; 44: 1056–1057. doi:10.1007/s00247-014-3050-9
- [3] Bannas P. Instructions for Radiological Case Reports. *Fortschr Röntgenstr* 2017; 189: 333–338. doi:10.1055/s-0043-101525
- [4] Rosenfeldt FL, Dowling JT, Pepe S et al. How to write a paper for publication. *Heart Lung Circ* 2000; 9: 82–87. doi:10.1046/j.1444-2892.2000.00031.x
- [5] Bannas P, Reeder SB. How to write an original radiological research manuscript. *Eur Radiol* 2017; 27: 4455–4460. doi:10.1007/s00330-017-4879-8
- [6] Redaktion/sca Z. *Fortschr Röntgenstr Autorenhinweise*. In: *Fortschr Röntgenstr*
- [7] Whimster WF. *Biomedical Research*. 2. Aufl. London: Springer; 1996. doi:10.1007/978-1-4471-3590-6
- [8] Association AP. *Publication Manual of the American Psychological Association*. 7. Aufl; American Psychological Association; 2020
- [9] Briscoe MH. *Preparing Scientific Illustrations*. 2. Aufl; Springer: New York, NY, 1996. doi:10.1007/978-1-4612-3986-4
- [10] Wong B. Saliency. *Nat Methods* 2010; 7: 773–773. doi:10.1038/nmeth1010-773
- [11] America RSoN. *Scientific Style Guide: Writing a Manuscript for Radiology*. In
- [12] Lauren EF, Kevin CC. Graphs, Tables, and Figures in Scientific Publications: The Good, the Bad, and How Not to Be the Latter. *J Hand Surg Am* 2012; 37: 591–596. doi:10.1016/j.jhsa.2011.12.041
- [13] William AW. Me write pretty one day: how to write a good scientific paper. *J Cell Biol* 2004; 165: 757–758. doi:10.1083/jcb.200403137
- [14] America MLAo. *MLA Handbook*. 9. Aufl; Modern Language Association of America; 2021
- [15] Nicolas PR, Michael D, Philip EB. Ten Simple Rules for Better Figures. *Plos Comput Biol* 2014; 10: e1003833. doi:10.1371/journal.pcbi.1003833
- [16] Weissgerber TL, Winham SJ, Heinzen EP et al. Reveal, Don't Conceal. *Circulation* 2019; 140: 1506–1518. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.118.037777
- [17] Weissgerber TL, Milic NM, Winham SJ et al. Beyond Bar and Line Graphs: Time for a New Data Presentation Paradigm. *Plos Biol* 2015; 13: e1002128. doi:10.1371/journal.pbio.1002128
- [18] Fosang AJ, Colbran RJ. Transparency Is the Key to Quality. *J Biol Chem* 2015; 290: 29692–29694. doi:10.1074/jbc.E115.000002
- [19] Rice K, Lumley T. Graphics and statistics for cardiology: comparing categorical and continuous variables. *Heart* 2016; 102: 349–355. doi:10.1136/heartjnl-2015-308104
- [20] Jambor H, Antonietti A, Alicea B et al. Creating clear and informative image-based figures for scientific publications. *Plos Biol* 2021; 19: e3001161. doi:10.1371/journal.pbio.3001161
- [21] Katsnelson A. Colour me better: fixing figures for colour blindness. *Nature* 2021; 598: 224–225. doi:10.1038/d41586-021-02696-z
- [22] Press TuO. *The Chicago Manual of Style*. 17. Aufl. Chicago: The University of Chicago Press; 2017