



Gerald Artner

Mit künstlicher Intelligenz generierte Münzen für Größenvergleiche

Münzen sind als Größenreferenz in Fotos äußerst beliebt. In dieser Mitteilung beschreiben wir eine neuartige Methode, die mit Hilfe künstlicher Intelligenz (KI) Abbildungen von Münzen als Größenreferenz in Fotos einfügt. Die neuesten KI-Generatoren sind in der Lage, aus Textbeschreibungen schnell realistische Bilder von hoher Qualität zu erzeugen. Mit der vorgeschlagenen Methode ist keine physische Münze bei der Aufnahme von Fotos erforderlich. Die Münzen können nachträglich hinzugefügt werden. Außerdem zeigen wir, wie das Münzmotiv an das Objekt angepasst werden kann.

Auch Wissenschaftler verwenden gerne Münzen als Referenz auf Fotos, falls die Größe des Objektes für den Betrachter nicht offensichtlich ist. Abb. 1 zeigt typische Beispiele aus der wissenschaftlichen Literatur. Artner argumentiert,¹ dass die Verwendung von Münzen nicht nur eine Größenreferenz, sondern eine echte Messung ist, da die Größe moderner Umlaufmünzen standardisiert ist. Die meisten Autoren verwenden Münzen aber als Größenreferenz oder als Größenvergleich, zum Beispiel “A quarter-dollar coin is presented for size comparison”,² “Side and top views of our final benchmark boat (Benchy) print cured using monovoxel excitation printing, sitting on a dime for scale”³ oder “[...] the designed filter and the waveguide are just bigger than a coin [...]”.⁴

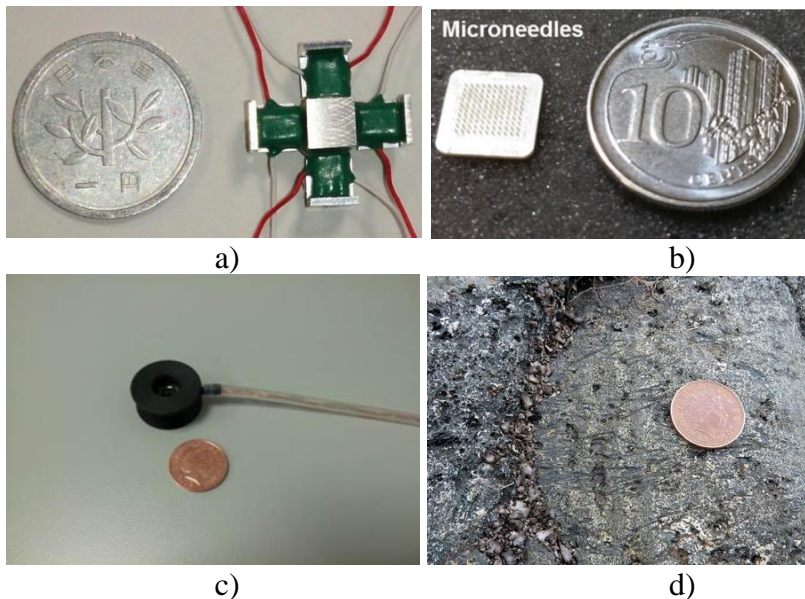


Abb. 1 Typische Beispiele, wie Münzen als Größenreferenz in wissenschaftlichen Beiträgen verwendet werden. a) Eine 1-Yen-Münze im Vergleich zu einem Positionierer.⁵ b) Mikronadeln mit einer Münze, die den Maßstab des Geräts veranschaulicht.⁶ c) Eine Münze vermittelt eine Vorstellung von der Größe einer medizinischen Elastizitätssonde.⁷ d) Eine Münze wird in der Geologie als Maßstab verwendet.⁸ Alle Bildrechte CC-BY 4.0.⁹

¹ Artner 2020.

² Zhang *et al.* 2020.

³ Sanders *et al.* 2022.

⁴ Souza *et al.* 2017.

⁵ Muraoka *et al.* 2015.

⁶ Yeo *et al.* 2017.

⁷ Lee *et al.* 2016.

⁸ Filippi *et al.* 2019.

⁹ Creative Commons Namensnennung 4.0 International (CC BY 4.0), online: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

Neuartige bildgebende Verfahren der künstlichen Intelligenz (KI) werden bisher in der Numismatik hauptsächlich zur Digitalisierung, Identifizierung¹⁰ und Analyse¹¹ von Münzen eingesetzt. Deep Learning und künstliche neuronale Netze bewerten und schätzen den Wert von Sammlermünzen.¹² Zachariou *et al.*¹³ rekonstruieren mit Hilfe von Generative Adversarial Networks (GANs) Bilder beschädigter Münzen.

In den letzten Jahren entwickelte Text-zu-Bild-Generatoren werden nicht nur technisch fortschrittlicher, sondern auch einfacher zu bedienen.¹⁴ Sie können über Webschnittstellen aufgerufen werden und erfordern keine Vorkenntnisse über Machine Learning-Algorithmen. Wir zeigen, wie sie verwendet werden können, um synthetische Bilder von Münzen zum Größenvergleich hinzuzufügen. Dazu verwenden wir das hierarchische, textbedingte Bilderzeugungssystem DALL-E 2, das kürzlich für eine breitere Öffentlichkeit zugänglich gemacht wurde.¹⁵ Das OpenAI-System DALL-E 2 verwendet eine diffusionsbasierte Methode mit dem Contrastive Language-Image Pre-training (CLIP) Modell.¹⁶ Das Sprachmodell basiert auf dem Generative Pre-trained Transformer 3 (GPT-3).¹⁷ Abb. 2 zeigt Screenshots vom Zuschneiden eines Bildes und der Texteingabe.

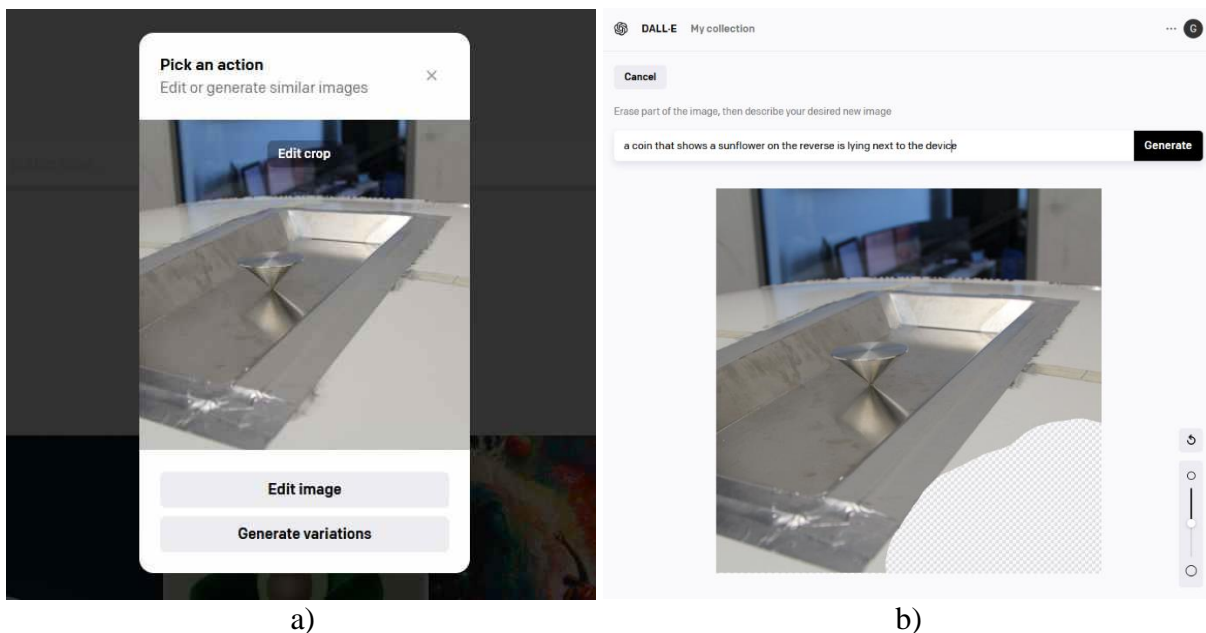


Abb. 2 Anleitung zur Bildbearbeitung mit DALL-E 2: a) Hochgeladene Bilder müssen auf Quadrate zugeschnitten werden. Nach dem Zuschneiden auf „Edit image“ klicken. b) Eine textuelle Beschreibung im Feld oben eingeben. Mit dem Pinselwerkzeug den Bereich löschen, in dem die Münze platziert werden soll, im Beispiel ist das der Bereich rechts unten. Der Bildgenerator wird den entfernten Bereich übermalen.

¹⁰ Capece *et al.* 2016; Kampel/Zaharieva 2008; Kiourt/Evangelidis 2021; Zambanini *et al.* 2008

¹¹ Heinecke *et al.* 2021.

¹² Pan/Tougné 2018; Alcázar-Blance 2021 *et al.*

¹³ Zachariou *et al.* 2020.

¹⁴ Frolov *et al.* 2021.

¹⁵ Open AI, DALL-E, online: <https://labs.openai.com>

¹⁶ Ramesh *et al.* 2020; Ramesh *et al.* 2022; Radford *et al.* 2021.

¹⁷ Brown *et al.* 2020.

Um in einem Foto eine Münze hinzuzufügen:

1. Das gewünschte Bild in DALL-E hochladen. Das Bild muss auf ein Quadrat zugeschnitten werden. Siehe Abb. 2a.
2. Das Zeichenwerkzeug verwenden um die Stelle, an welcher die Münze platziert werden soll, zu entfernen (Abb. 2b). Der entfernte Hintergrund wird später durch die KI vervollständigt (Inpainting).
3. Eine textuelle Beschreibung der Münze in der Szene eingeben.
4. DALL-E wird mehrere Bilder erstellen, man wählt einfach das gewünschte Bild aus. Die von der KI erzeugten Bilder sind noch nicht perfekt. Wenn die Ergebnisse nicht zufriedenstellend sind, generiert man weitere Varianten und variiert die Textbeschreibung. Eine weitere Bildbearbeitung sollte nicht notwendig sein. DALL-E wird den entfernten Hintergrund übermalen, die Münze in einer realistischen Perspektive ausrichten und Schatten hinzufügen, die der Lichtquelle angepasst sind.
5. Das Bild mit der synthetischen Münze kann nun in einem Manuskript verwendet werden. Der Artikel sollte den Inhaltsrichtlinien entsprechen und darauf hinweisen „*that the content is AI-generated in a way no user could reasonably miss or misunderstand*“.¹⁸ Wir schlagen vor, in der Bildunterschrift anzugeben, dass eine fiktive Münze zum Größenvergleich verwendet wird, die mit dieser Methode erzeugt wurde.

Text-zu-Bild-Generatoren der aktuellen Generation schaffen es manchmal nicht, die gewünschte Münze hinzuzufügen. Abb. 3a zeigt ein Beispiel, bei dem der gelöschte Bereich übermalt wurde, aber kein Objekt hinzugefügt wurde. Es kommt auch vor, dass unsinnige Schriftzüge anstelle von Objektdarstellungen hinzugefügt werden (siehe Abb. 3b). Abb. 4 zeigt erfolgreich bearbeitete Fotos. Das Hinzufügen von Münzen neben dem Gerät wie in Abb. 4a ist wahrscheinlich die gewünschte Ausgabe für diese Methode, aber manchmal werden überraschende Renderings wie in Abb. 4b erzeugt. Die Aufforderung „*add a coin that shows a sunflower on the reverse*“ zeigt, dass die Fingerspitzen aktiv einen gelblichen Rohling platzieren.

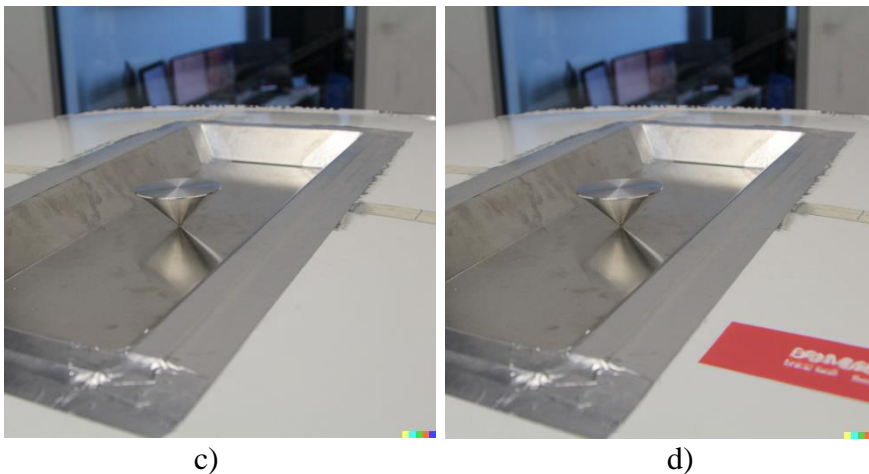


Abb. 3 Manchmal erzeugen die unerwünschte Ergebnisse. d) Viele Ergebnisse zeigen bemalte Flächen ohne Münze. d) Manchmal erzeugt das System unsinnige Beschriftungen anstelle von Münzen. Alle Bilder wurden mit DALL-E 2 erstellt. Das Originalfoto stammt aus Artner et al. 2019, CC-BY 3.0.

¹⁸ DALL-E content policy, online: <https://openai.com/api/policies/sharing-publication/> oder <https://web.archive.org/web/20220423150533/https://openai.com/api/policies/sharing-publication/>.

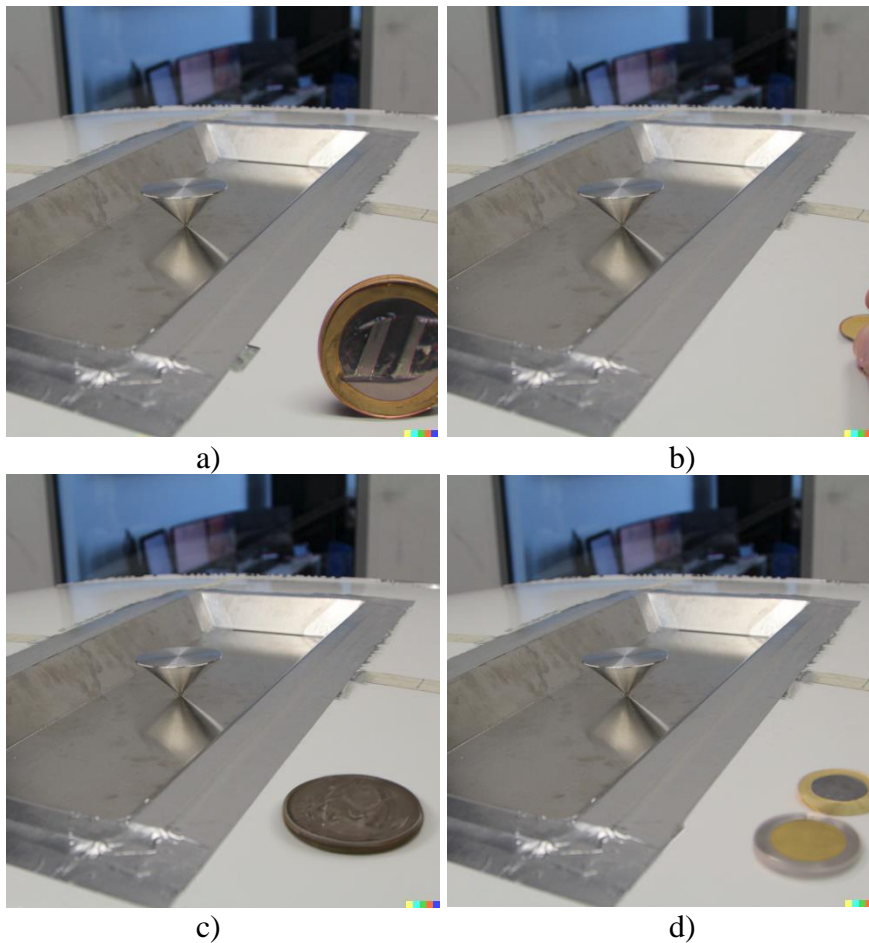


Abb. 4 KI generierte Bilder. a) Eine Münze neben einer Antenne in einer Autodachvertiefung, Textbeschreibung: „a Euro coin lies next to the device, numismatics, reverse“. b) Die KI hat den Text so interpretiert, dass die Münze aktiv an ihren Platz gelegt wird und hat ein Bild mit Fingerspitzen erzeugt, die eine Münze platzieren, Text: „add a coin that shows a sunflower on the reverse“. c) „a historic coin is lying next to the device, numismatics, obverse“. d) „a Euro coin lies next to the device, numismatics, reverse“.

Die vorgeschlagene Methode kann auch bereits vorhandene Münzen in Fotos verbessern. Abb. 5 zeigt verschiedene KI-generierte Medaillen, auf denen Sonnenblumen abgebildet sind. In korrekter numismatischer Terminologie zeigen diese synthetischen Abbildungen Medaillen und keine Münzen, da diese fiktiven Stücke keine gesetzlichen Zahlungsmittel sind. Fiktive Medaillen müssen nicht die exakte Größe einer bestimmten realen Münze haben, da das Ziel darin besteht, einen groben Größenvergleich zu ermöglichen. Auch reale Münzen variieren in ihrer Größe. Es sollte aber darauf geachtet werden, dass die Medaillen im erzeugten Bild etwa die Größe einer Münze haben, um die Größe des Objekts richtig einschätzen zu können. Die vorgeschlagene Methode kann auch das Aversmotiv an das wissenschaftliche Gebiet oder die untersuchten Themen anpassen. Beispiele werden in Abb. 6 gezeigt, wo digitale Medaillen mit Flamingoblumen neben einem Foto einer echten Flamingoblume erzeugt wurden. Zum Schluss haben wir mehrere Text-zu-Bild-Generatoren aufgefordert, Münzen zu entwerfen, die künstliche Intelligenz darstellen. Die Ergebnisse sind in Abb. 7 dargestellt und reichen von abstrakten geometrischen Formen bis hin zu Gesichtern, die mit elektronischen Schaltkreiselementen kombiniert sind.

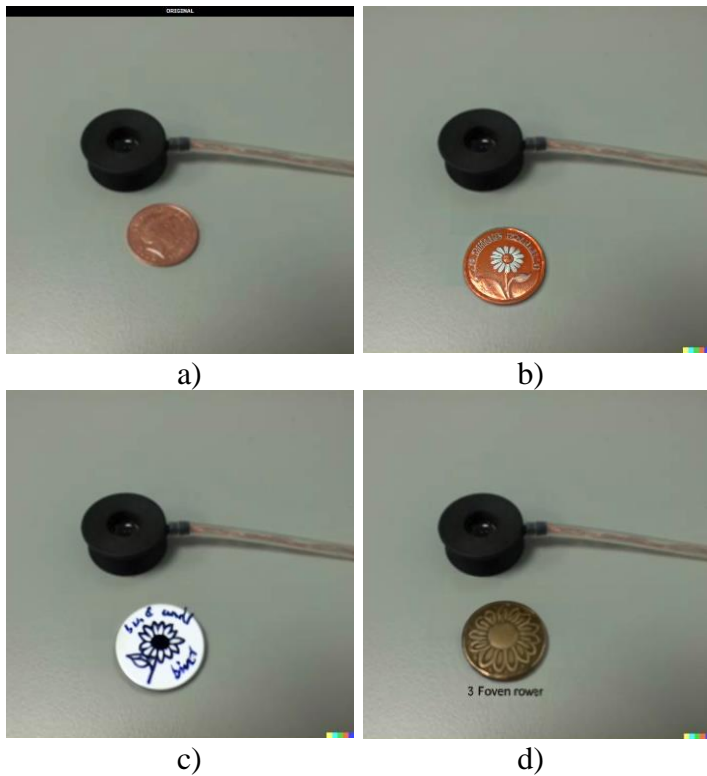


Abb. 5 Beispiele für den Tausch einer echten Münze gegen fiktive, mit DALL-E 2 generierten, Medaillen. a) Originalbild aus Lee et al. 2016. b) bis d) Mit DALL-E 2 erstellte Varianten auf der Grundlage des hochgeladenen Originals und der Aufforderung „add a coin that shows a sunflower on the reverse“.

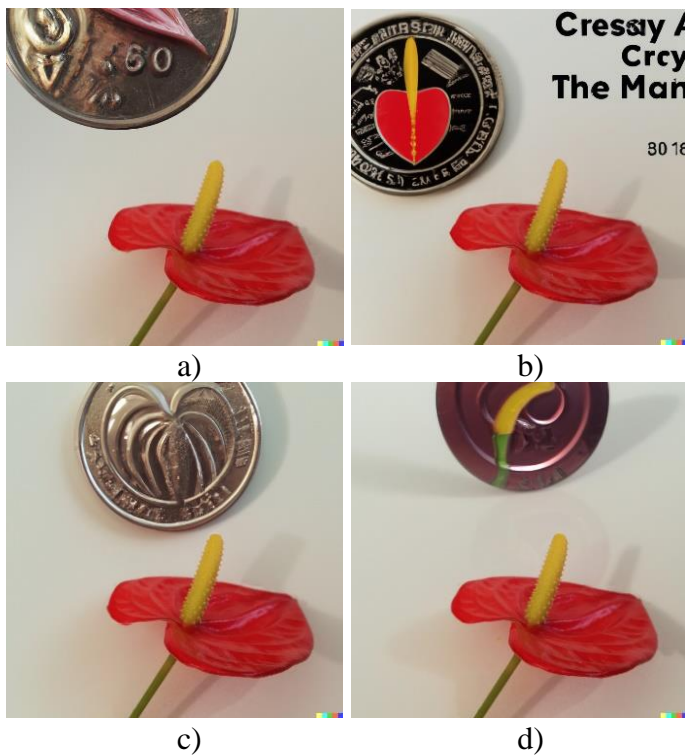


Abb. 6 Ausgewählte Bilder, die mit DALL-E 2 generiert wurden, wobei das Design mit der abgebildeten Flamingoblume abgeglichen wurde. Texteingaben: a) „a euro coin in the background that shows a laceleaf“, b) „a coin that shows tulips on the reverse, neon“, c) „a coin that shows an Anthurium on the reverse, silver“, d) „a coin that shows an Anthurium on the reverse drawn in the style of a cartoon“.



Abb. 7 Mit verschiedenen Text-zu-Bild Generatoren synthetisierte Medaillen, die künstliche Intelligenz zeigen. a) Night Cafe¹⁹ (VQGAN+CLIP, Esser et al. 2021), „a coin that shows artificial intelligence“, b) Stable Diffusion:²⁰ „a hyperrealistic euro coin that shows artificial intelligence in the style of Gustav Klimt“, c) DALL-E 2:²¹ „a coin that shows artificial intelligence on the obverse“, d) Midjourney:²² „a silver coin that shows artificial intelligence, lying on a table, hyper-realistic, photo“.

Conclusio

Text-zu-Bild Generatoren wie DALL-E 2 sind jetzt einfach zu bedienen und erfordern keine Vorkenntnisse in digitaler Bildverarbeitung oder Signalverarbeitungsalgorithmen. Wir haben gezeigt, wie man damit auf Fotos Münzen (oder Medaillen) als Größenreferenz hinzufügt, verbessert und personalisiert. Die Methode erlaubt mehr Kreativität und Flexibilität als „echte“ Umlaufmünzen.

Die numismatischen Fähigkeiten der aktuellen Generation von Text-zu-Bild-Generatoren sind begrenzt, was wahrscheinlich eine direkte Folge eines Mangels an Trainingsdaten in diesem Fachbereich ist. So haben beispielsweise die Vorder- und Rückseiten der Münzen keine Bedeutung, und generierte Bilder zeigen oft weder Geldwert noch Prägejahr. Texte in den synthetischen Bildern sind meist unsinnig. Abbildungen auf den Münzen sind in einigen Fällen zu komplex – während farbige Münzen wie die kanadischen Vierteldollarmünzen heute technisch machbar sind, sind fotorealistische Farbbilder auf Münzen eher untypisch. Generative Netze haben Schwierigkeiten, gleichzeitig eine größere Anzahl von Anforderungen zu erfüllen. Die Generierung von Münzbildern, die ein bestimmtes Objekt zeigen, führt häufiger zu aussagekräftigen Ergebnissen als die Aufforderung, Münzen zu

¹⁹ online: www.nightcafe.studio.

²⁰ online: beta.dreamstudio.ai.

²¹ online: labs.openai.com.

²² online: www.midjourney.com.

generieren, die gleichzeitig in einem Bereich liegen, ein Objekt abbilden, eine bestimmte Seite zeigen und einen Währungsstil imitieren.

Nichtsdestotrotz sind bei der Erstellung von Münzbildern erhebliche Fortschritte sichtbar. Die meisten Darstellungen sind jetzt kohärente runde Objekte. Perspektive und Schatten passen sich an, wenn Münzen in einer Szene platziert werden. GANs können nun Aussagen, dass eine Münze ein Objekt zeigen soll, sinnvoll interpretieren, und das Objekt wird dann tatsächlich auf der Münze und nicht nur daneben dargestellt. Die Münzoberflächen sind in vielen generierten Bildern bereits von erwarteter Komplexität und Stil (siehe Abb. 5d, 6c und 7c). Die Übermalung (Inpainting) von Oberflächen ist realistisch und nur mehr schwer erkennbar.

LITERATURVERZEICHNIS

- Alcázar-Blance *et al.* 2021 A. C. Alcázar-Blance *et al.*, Generalized regression neuronal networks to predict the value of numismatic assets. Evidence for the walking liberty half dollar, *European Research on Management and Business Economics* 27, 2021 (article-ID: 100167).
- Artner *et al.* 2019 G. Artner/W. Kotterman/G. Del Galdo/M. A. Hein, Automotive Antenna Roof for Cooperative Connected Driving, *IEEE Access*, 7, 2019, S. 20083–20090.
- Artner 2020 G. Artner, Coins as Measure of Size, *IEEE Instrumentation and Measurement Magazine* 23/2, 2020, S. 88–93.
- Brown *et al.* 2020 T. Brown *et al.*, Language Models are Few-Shot Learners, *34th Conference on Neural Information Processing Systems*, 2020.
- Capece *et al.* 2016 N. Capece/U. Erra/A. V. Ciliberto, Implementation of a coin recognition system for mobile devices with deep learning, *12th International Conference on Signal-Image Technology & Internet-Based Systems* 2016.
- Esser *et al.* 2021 P. Esser/R. Rombach/B. Ommer, Taming Transformers for High-Resolution Image Synthesis. *IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition*, 2021 (DOI: 10.1109/CVPR46437.2021.01268).
- Filippi *et al.* 2019 M. Filippi *et al.*, Structure of lamprophyres: a discriminant marker for Variscan and Alpine tectonics in the Argentera-Mercantour Massif, Maritime Alps, *BSGF - Earth Sciences Bulletin* 190/12, 2019.
- Frolov *et al.* 2021 S. Frolov *et al.*, Adversarial text-to-image synthesis: A review. *Neural Networks*, 144, 187–209, 2021.
- Heinecke *et al.* 2021 A. Heinecke *et al.*, Unsupervised Statistical Learning for Die Analysis in Ancient Numismatics (arXiv:2112.00290, 2021).
- Kampel/Zaharieva 2008 M. Kampel/M. Zaharieva, Recognizing Ancient Coins Based on Local Features, *International Symposium on Visual Computing* 2008, S. 11–22.
- Kiourt/Evangelidis 2021 C. Kiourt/V. Evangelidis, AnCoins: Image-Based Automated Identification of Ancient Coins Through Transfer Learning Approaches, *International Conference on Pattern Recognition* 2021.
- Lee *et al.* 2016 K. C. Lee *et al.*, A systematic review of objective burn scar measurements, *Burns & Trauma* 4/14, 2016.
- Muraoka *et al.* 2017 M. Muraoka/X. Zhao/S. Liu, Ultracompact Planar Positioner Driven by Unbalanced Frictional Forces, *Actuators* 4, 2015, S. 172–181.
- Pan/Tougné 2018X. Pan/L. Tougné, Image Analysis and Deep Learning for Aiding Professional Coin Grading, *International Conference on Image Video Processing and Artificial Intelligence* 2018.

- Radford *et al.* 2021 A. Radford *et al.*, Learning Transferable Visual Models From Natural Language Supervision, *Proceedings of the 38th International Conference on Machine Learning* 2021.
- Ramesh *et al.* 2020 A. Ramesh *et al.*, Zero-Shot Text-to-Image Generation, *Proceedings of the 37th International Conference on Machine Learning* 2020.
- Ramesh *et al.* 2022 A. Ramesh *et al.*, Hierarchical Text-Conditional Image Generation with CLIP Latents (arXiv:2204.06125, 2022).
- Sanders *et al.* 2022 S. N. Sanders *et al.*, Triplet fusion upconversion nanocapsules for volumetric 3D printing, *Nature* 604, 2022, S. 474–478.
- Souza *et al.* 2017 J. A. M. Souza *et al.*, Terahertz filters using a new design procedure, *Microwave and Optical Technology Letters* 59/6, 2017, S. 1333–1337.
- Yeo *et al.* 2017 D. C. Yeo *et al.*, Microneedle physical contact as a therapeutic for abnormal scars, *European Journal of Medical Research* 22/28, 2017.
- Zachariou *et al.* 2020 M. Zachariou/N. Dimitriou/O. Arandjelović, Visual Reconstruction of Ancient Coins Using Cycle-Consistent Generative Adversarial Networks, *Sci* 2/3, 2020 (article-ID: 52).
- Zambanini *et al.* 2008 S. Zambanini/M. Kampel/M. Schlapke, On the Use of Computer Vision for Numismatic Research, *9th International Conference on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage* 2008.
- Zhang *et al.* 2020 Y. Zhang *et al.*, Broadband and high gain dielectric-rod end-fire antenna fed by a tapered ridge waveguide for K/Ka bands applications, *IET Microwaves, Antennas & Propagation* 14/8, 2020, S. 743–751.