

Bemessungsgrundlagen für die Gleisentwässerung

Beurteilung der Bemessung von Gleisentwässerungseinrichtungen vor dem Hintergrund veränderter Niederschlagsereignisse aufgrund des Klimawandels

SILVIO KLÜGEL | THOMAS GRISCHEK |
SABRINA MICHAEL

Eine Anpassung der Gleisentwässerungsanlagen an veränderte klimatische Bedingungen ist Voraussetzung für die Sicherstellung einer regelkonformen Gleislage. Um eine mögliche Zunahme von Starkregenereignissen durch den Klimawandel zu berücksichtigen, sind die Anpassung bzw. Überprüfung bestehender Anlagen und die Dimensionierung neuer Anlagen nach dem aktuellen Regelwerk und die ständige Regelwerksfortschreibung erforderlich. Vom Eisenbahn-Bundesamt wurde ein Forschungsprojekt initiiert, welches eine historische Recherche, eine Überprüfung der hydraulischen Restkapazitäten und der hydraulischen Leistungsfähigkeit realer Systeme sowie Handlungsempfehlungen umfasste. Der Bericht für Gleisentwässerung und Durchlässe ist online zugänglich [1].

Recherche zu Geometrie und Bemessung von Gleisentwässerungsanlagen

Anlagen zur Bahnentwässerung wurden seit Beginn des Eisenbahnbaus (1835) konzipiert. Die hydraulische Bemessung der Bahnentwässerungsanlagen einschließlich ihrer Elemente wurde erst seit ca. Mitte der 1970er Jahre eingeführt. Erste Bemessungsansätze und Vorgaben sind in den „Vorläufigen Richtlinien für die Planung und Erstellung der Erdbauwerke von Strecken mit Geschwindigkeiten über 160 km/h“ [3] und in der Richtlinie für die Tiefenentwässerung [5] enthalten. Die damals geltenden Bemessungsgrundlagen und die zugehörigen Parameter wurden kontinuierlich modifiziert;

die Basisregenspende $r_{15,1}$ wurde angepasst. Die geometrischen Ausbildungen der Entwässerungsanlagen haben sich hingegen im Laufe der Zeit nur unwesentlich bzw. nicht geändert. Zur Berechnung der noch vorhandenen hydraulischen Restkapazität wurden die theoretischen Ansätze der unterschiedlichen Berechnungsverfahren des statischen (Zeitbeiwertverfahren) und dynamischen Modells miteinander verglichen und für verschiedene geometrische Randbedingungen und Regenereignisse mit unterschiedlichen Wiederkehrzeiten hydraulische Nachweise geführt. Eine mögliche Zunahme von Starkregenereignissen durch den Klimawandel floss in die Betrachtungen ein. Aktuelle Erkenntnisse und Forschungsprojekte (z.B. [6 und 2]) zeigen, dass lediglich ein geringer Teil der im Zeitbeiwertverfahren als Spitzenabfluss berechneten Bemessungswassermenge tatsächlich den funktionstüchtigen und instandgehaltenen Entwässerungsanlagen zufließt und somit eine zeitliche Verzögerung vorhanden ist. Der tatsächliche Abfluss fällt in der Spitze kleiner aus, wird dafür aber über einen längeren Zeitraum von den Entwässerungsanlagen aufgenommen und abgeleitet. Dies wurde mit exemplarischen Berechnungen im Gleisbereich und für Außenzugsgebiete belegt.

Bei der aktuellen hydraulischen Bemessung der Gleisentwässerungsanlagen sind große Reserven vorhanden [1], sowohl in Hinblick auf die Eingangsparameter des Berechnungsverfahrens (Regenspende nach Reinhold und Spitzenabflussbeiwert) als auch durch:

- die nutzbare Speicherung,
- das natürliche Rückhaltevermögen von Lockergesteinen (Gleisschotter und Schutzschichtmaterial),

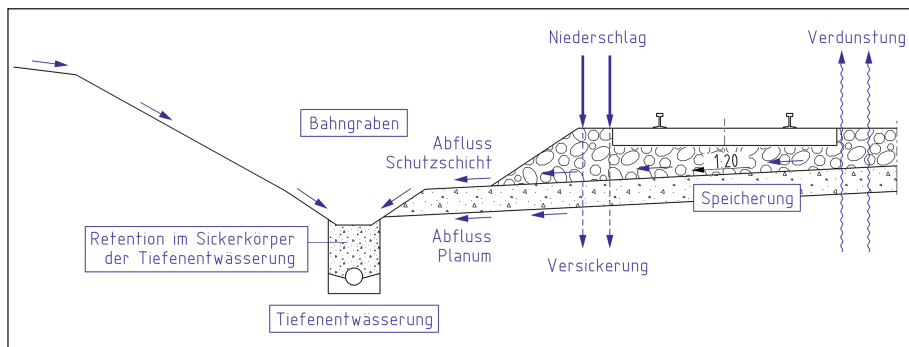


Abb. 1: Prozesse bei der Oberflächenwasserableitung und nutzbare Reserven für die hydraulische Bemessung

i

Für einen störungsfreien und sicheren Betrieb des Schienenverkehrs sind die Funktionsfähigkeit und die Stabilität des Gleiskörpers Grundvoraussetzungen. Dabei kommt der Gleisentwässerung eine bedeutende Rolle zu. Es gilt zum einen, die Berechnungsgrundlagen zur Dimensionierung von Entwässerungsanlagen durch die Quantifizierung realer Abflüsse zu validieren. Darüber hinaus ist auch der mögliche Schadstoffeintrag aus Niederschlagsabflüssen von Gleisanlagen bzw. aus den Entwässerungseinrichtungen in die Umwelt zu betrachten. Durch den Kontakt von Niederschlagswasser mit dem Gleiskörper kann es zu einem Transport oder Rückhalt von anthropogenen Stoffen kommen. Dabei können Schadstoffe in Abhängigkeit von ihren chemischen Eigenschaften teilweise im Gleiskörper zurückgehalten, biologisch abgebaut oder unter bestimmten hydrologischen Bedingungen remobilisiert werden. Die bisherige Datengrundlage ist hinsichtlich der Abflusskomponenten aus dem Gleiskörper, der Verteilung des Niederschlagswassers innerhalb des Gleiskörpers und der Schadstoffbelastung des Wassers und Gleiskörpers unzureichend. Das Deutsche Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt (DZFS) fördert deshalb Forschungsprojekte zu dieser Thematik. Schwerpunkte der Vorhaben sind der Aufbau und Betrieb eines Umweltmessnetzes entlang von Gleisanlagen zum Langzeit-Monitoring (Abflussmenge, Schadstoffbelastung, Einfluss auf die umgebende Umwelt) und die Charakterisierung des Wasser- und Stofftransports innerhalb des Gleiskörpers und der Gleisentwässerungsanlagen. Die Ergebnisse sollen die Modellierung des Schadstoffverhaltens ebenso ermöglichen wie die Ableitung eines Risikobewertungskonzepts zur umweltfachlichen Gefahreneinstufung von Strecken hinsichtlich Schadstoffeintrag und Verteilung. Weiterführende Informationen zu diesen und weiteren Forschungsprojekten finden Sie auf der DZFS-Homepage (www.dzsf.bund.de).

- die Oberflächenbenetzung des Schotter,
- die Berücksichtigung von Versickerungsraten,
- die Verdunstung und
- die Nutzung des Porenraumes bei Verwendung eines grobkörnigen Filters beim Bau von Tiefenentwässerungen.

Diese Reserven sind bei einer möglichen Zunahme von Starkregenereignissen infolge des Klimawandels von erheblichem Vorteil. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass Regenereignisse höherer Regenintensität, z.B. $r_{15,1} = 160 \text{ l/(s-ha)}$ ¹ statt 120 l/(s-ha) und kurze Starkregenereignisse, z.B. $r_{10,1} = 180 \text{ l/(s-ha)}$ schädlich für den Bahnkörper von den Entwässerungsanlagen aufgenommen und abgeleitet werden können (Abb. 1).

Bewertung der hydraulischen Bemessung

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden die unterschiedlichen Bemessungsansätze und Eingangsparameter zur Bestimmung des abflusswirksamen Niederschlages für die Jahre 1988, 1991, 1999, 2008, 2019 und zwei Annahmen für das Jahr 2040 näher untersucht und miteinander verglichen [1]. Der hydraulische Nachweis erfolgte anhand des Fließzeitverfahrens für Streckenabschnitte von 100 m, 500 m und 1000 m Länge. Spitzenabflussbeiwerte für das Fließzeitverfahren wurden für das Außeneinzugsgebiet und den Gleisbereich aus den exemplarischen hydrodynamischen Berechnungen abgeleitet.

Die Bemessungsansätze für die Gleisentwässerungsanlagen der freien Strecke wurden unter Berücksichtigung der historischen Entwicklung für:

- unterschiedliche Bemessungsregen,
- unterschiedliche abflusswirksame Flächen aufgrund verschiedener Spitzenabflussbeiwerte und
- unterschiedliche, daraus resultierende Bemessungsabflüsse

verglichen. Die vorhandenen Kapazitäten der Gleisentwässerung wurden berechnet und der hydraulische Nachweis wurde geführt. Im Ergebnis wurden der Bemessungsabfluss und die Abflusskapazität ohne und mit Außeneinzugsgebiet unter Berücksichtigung der historischen Entwicklung der verschiedenen Regelwerke und Bemessungsansätze (z.B. Spitzenabflussbeiwerte der Schutzschichten und Regendaten) sowie für ausgewählte Regenhäufigkeiten grafisch aufbereitet und gegenübergestellt. Die zulässige Abflusskapazität variiert dabei für drei Streckeneinstufungen (SE) gemäß [4] in Abhängigkeit von dem nutzbaren Abflussquerschnitt des Bahngrabens. Abb. 2 stellt den Bemessungsabfluss und die Abflusskapazität exemplarisch für Dresden gemäß Regelwerken 1988 bis 2040 dar.

Die Auswertungen für eine Länge von 100 m und 1 % Sohlgefälle zeigen, dass in Abhängigkeit von der Streckeneinstufung und den üblicherweise angesetzten Regenereignissen auch in Zukunft die Abflusskapazität der Gleisentwässerungsanlagen der freien Strecke ausreichend ist.

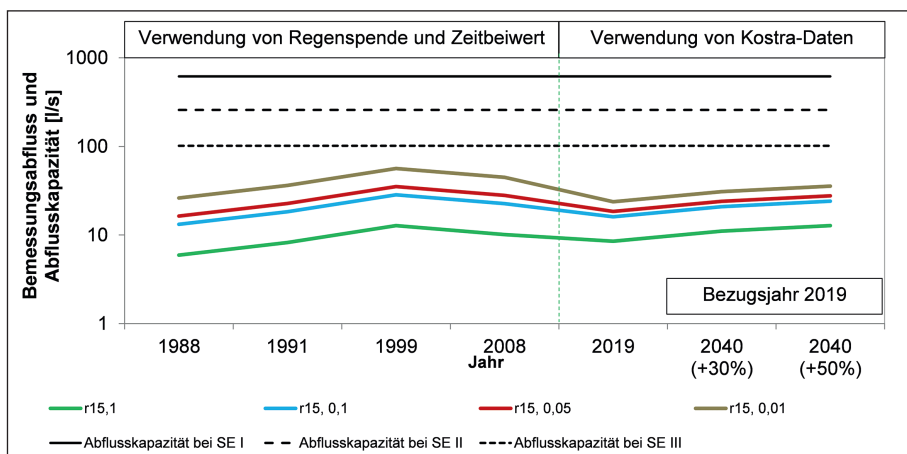


Abb. 2: Vergleichende Darstellung des Bemessungsabflusses und der Abflusskapazität des Bahngrabens für unterschiedliche Streckeneinstufungen (SE), ohne Außeneinzugsgebiet, Streckenlänge 100 m, Sohlgefälle 1 %

Die Berechnungen wurden für Längen von 100 m, 500 m und 1000 m mit Variation der Sohlgefälle von 0,3 %, 1,0 % und 1,5 % durchgeführt, grafisch dargestellt und die Auslastung der Entwässerungsanlagen in Prozent bestimmt. Die Ergebnisse dazu sind im online abrufbaren Abschlussbericht des Forschungsprojektes dokumentiert [1].

Fallbeispiel: Freie Strecke

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen erfolgte die hydraulische Bemessung und Bewertung der Anlagen im Hinblick auf den Klimawand-

del an einem konkreten Fallbeispiel für die freie Strecke. Der gewählte Streckenabschnitt ist 242 m lang und liegt auf der zweigleisigen Bahnstrecke 6248 Dresden–Elsterwerda zwischen km 17,873 und km 18,115 im bahnrchten Gleis innerhalb der Ortschaft Weinböhl. Für vier verschiedene Modellregen- sowie zwei Naturregenereignisse erfolgten Berechnungen mit dem statischen und dem dynamischen Modell. Die Ergebnisse zeigen, dass das Fallbeispiel, bemessen mit dem Fließzeitverfahren (statisches Modell), für Starkregenereignisse Reserven aufweist. Abb. 3 zeigt exemplarisch die mit dem statischen und dynamischen Modell ermittelten Maximalabflüsse für ein Regenereignis $r_{15,0,1}$ und Abb. 4 den Vergleich der berechneten dyna-

Gesellschaft für Baugologie und -meßtechnik mbH

Baugrundinstitut

Untersuchung, Planung und Beratung in den Bereichen

- **Ingenieur- und Hydrogeologie**
- **Grundbau, Felsbau, Geomechanik**
- **Tunnel- und Kavernenbau**
- **Umwelt, Deponien**
- **Geotechnische Messungen**



76275 Ettlingen
Pforzheimer Str. 126a
Tel. 07243 / 76 32 - 0

85622 Feldkirchen
Dornacher Str. 61
Tel. 089 / 36 03 517 - 70

65549 Limburg
Robert-Bosch-Str. 7
Tel. 06431 / 91 12 - 0

67663 Kaiserslautern
Casimirring 71
Tel. 0631 / 89 24 893 - 0

www.gbm-baugrundinstitut.de

¹Maßeinheit l/(s-ha) = Liter pro Sekunde je Hektar

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Gepro, HTW Dresden, DZSF / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten genehmigt / © DW Media Group GmbH

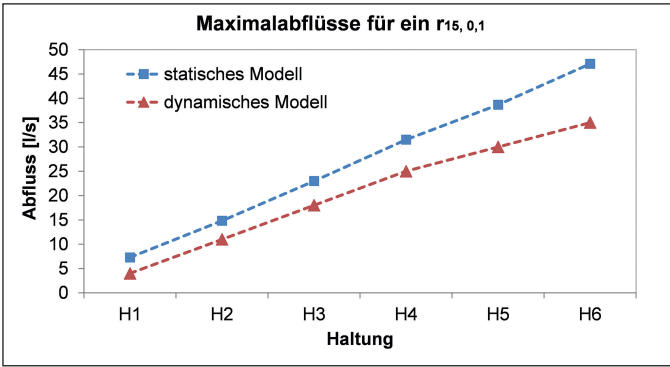


Abb. 3: Maximalabflüsse für alle Haltungen für das statische und das dynamische Modell

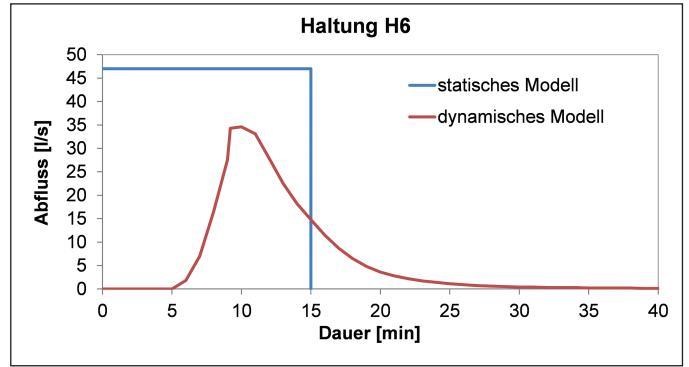


Abb. 4: Blockabfluss des statischen Modells und Abflussganglinie des dynamischen Modells am Beispiel der Haltung H6

mischen Abflussganglinie mit dem Ansatz des Blockregenabflusses des statischen Modells. Berechnungen mit dem dynamischen Modell zeigen, dass auch ein Regenereignis mit einer Wiederkehrzeit von 100 Jahren rechnerisch sicher abgeleitet werden kann. Bezogen auf die gewählten Eingangsparameter im dynamischen Modell sind die Entwässerungsanlagen des Fallbeispiels auch unter der Annahme einer 30 bis 50%igen Erhöhung des zukünftigen Bemessungsregens (häufigere Starkregenereignis-

se) ausreichend dimensioniert. Voraussetzung hierfür ist allerdings eine gute Instandhaltung der Anlagen, um die durch den Klimawandel eventuell erhöhten Bemessungsregenspenden auch zukünftig sicher aufnehmen und ableiten zu können.

Handlungsempfehlungen

Das Fließzeitverfahren ist durch eine Anpassung der Eingangswerte, insbesondere der Spitzenabflussbeiwerte, für die hydraulische Bemessung

weiterhin anwendbar. Eine Verringerung der Bemessungsabflüsse durch Anpassung der konservativen Ansätze des Fließzeitverfahrens oder die Wahl einer anderen als der derzeit üblichen Bemessungsregenspende sind Optionen, um trotz der durch den Klimawandel möglicherweise erhöhten Starkregenereignisse eine wirtschaftliche Dimensionierung zu realisieren. Die Anwendung von hydrodynamischen Modellen wird bei komplexen Abflusssystemen und zur Nachrechnung bestehender Systeme empfohlen.

[Reaktivierung und Neubau von Regional- und Stadtbahnstrecken]

30. Juni 2021 | Düsseldorf

Weitere Informationen unter:
www.eurailpress.de/events

jetzt anmelden

Veranstalter:

In Zusammenarbeit mit:

Die Pflege und Instandhaltung der Bahngräben und Tiefenentwässerung sollte eine hohe Priorität haben. Die Bedeutung einer gut funktionierenden Gleisentwässerungsanlage sollte auch bei anderen Gewerken, Anliegern, Behörden und Umweltverbänden auch in Zukunft konsequent kommuniziert werden. Offene Systeme (Bahngräben) sollten den geschlossenen Systemen bereits bei der Planung neuer Anlagen vorgezogen werden.

Für Streckeneinstufungen II und III sollte ein kurzzeitiger Einstau im Bahngraben für Regenereignisse mit Wiederkehrzeiten von 20 und 100 Jahren analog der Streckeneinstufung I in Betracht gezogen werden.

Die Retention des Sickerkörpers der Tiefenentwässerung sollte auch weiterhin als zusätzliche Reserve für Starkregenereignisse verbleiben. Allerdings zeigte die Studie, dass die Längen zur Vorflut klein gehalten werden sollten bzw. größere Gräben ohne Hebeanlagen anstelle der Standardbahngräben als Möglichkeit der Retention geschaffen werden könnten. Der Weg bis zum Einleitbereich weg vom Gleis zur Vorflut sollte bei regelmäßigen Inspektionen der Gleisentwässerung mit inspiziert werden.

Die Ergebnisse des Forschungsprojekts zeigen, dass die Entwässerungseinrichtungen mit dem Fließzeitverfahren insgesamt ausreichend bemessen und dimensioniert sind. Durch die im aktuell gültigen Regelwerk [4] vorgegebenen Bemessungsansätze und die modellbedingten Reserven sind die bestehenden Entwässerungsanlagen des Regelquerschnittes der freien Strecke mit Schotteroberbau sowie die in Zukunft danach bemessenen Entwässerungsanlagen in der Lage, auch einen möglicherweise durch den Klimawandel um 50 % erhöhten Bemessungsregen $r_{15,0,1}$ ohne schadhafte Rückstau aufnehmen und ableiten zu können. Maßgeblich für eine sichere und staufreie Ableitung des Wassers sind jedoch regelmäßige Inspektionen und Instandhaltungsmaßnahmen. Dies betrifft die Entwässerungsanlagen selbst, aber auch die Zuleitungen zur Vorflut sowie die Einleitstellen der Bahnentwässerung in die Vorflut.

Fazit

Im Forschungsprojekt [1] wurde die hydraulische Bemessung von Entwässerungsanlagen der freien Strecke und Durchlässen mit Fließgewässern unter Berücksichtigung des Klimawandels untersucht und bewertet. Es wurde

gezeigt, dass vor allem bei der Gleisentwässerung der freien Strecke die Ableitung von größeren Abflussmengen auch bei Starkregenereignissen möglich ist. Dies gilt auch für eine mögliche Zunahme der Intensität und Häufigkeit von Starkregenereignissen als Folge des Klimawandels. Maßgeblich für einen sicheren Betrieb und die Ableitung des Wassers aus dem Gleisbereich sind regelmäßige Inspektionen und Instandhaltungsmaßnahmen. ■

QUELLEN

[1] Weisemann, U.; Klügel, S.; Grischek, T. (2019): Beurteilung der Bemessung von Gleisentwässerungseinrichtungen und Durchlässen von Fließgewässern. EBA-Forschungsbericht 2019-5. www.dzsf.bund.de/ShareDocs/Downloads/Veroeffentlichungen/Forschungsberichte/2019/EBA-Forschungsbericht_2019-05_ohne_Anhaenge.pdf?_blob=publicationFile&v=2

[2] Below, M.; Fischer, R.; Hetzel, G.; Ahlers, C.; Pommerening, J.: Ergebnisse der Untersuchungen zum Abflussverhalten von Niederschlägen in Gleisanlagen. Eisenbahningenieurkalender EIK, S. 301 – 317, 2008

[3] DB (1979): DS 836/2 – Vorläufige Richtlinien für die Planung und Erstellung der Erdbauwerke von Strecken mit Geschwindigkeiten über 160 km/h. Heft 2 der DS 836 Erdbaurichtlinien

[4] DB Netz AG (2008): Richtlinie 836 – Erdbauwerke und sonstige geotechnische Bauwerke planen, bauen und instand halten. Fassung vom 20.12.1999 mit 1. Aktualisierung vom 01.10.2008 – RIL 836 Modul 4601 – Entwässerungsanlagen, Grundsätze 4602 – Streckenentwässerung – 4603 – Sonstige Entwässerungsanlagen

[5] DR (1976): EVDR Automatisierte Projektierung – Zentrale Erneuerung und Wiederaufbau 2. Gleise – Richtlinie Tiefenentwässerung, Teil 1a, 2. Fassung, Berlin

[6] Höntsch, J. (2003): Untersuchungen zur Bahngleisentwässerung auf Grundlage der Richtlinie 836 der Deutschen Bahn Netz AG. Diplomarbeit, TU Dresden



Dipl.-Ing. (FH) Silvio Klügel, M.Sc.
 Projektleiter
 GEPRO Ingenieurgesellschaft mbH,
 Dresden
 silvio.kluegel@gepro-dresden.de

Prof. Dr.-Ing. Thomas Grischek
 Lehrgebiet Wasserwesen
 HTW Dresden, Dresden
 thomas.grischek@htw-dresden.de

Dr. rer. nat. Sabrina Michael
 Wissenschaftliche Referentin
 Forschungsbereich Umwelt
 und nachhaltige Mobilität
 Deutsches Zentrum für
 Schienenverkehrsforschung beim
 Eisenbahn-Bundesamt, Dresden
 michael.s@dzsf.bund.de

Spezialprodukte
für den Verkehrswegebau

- Bahnübergangssystem **BODAN**
- GFK-Konstruktionen
- Betonfertigteile
- Kabelbauprodukte aus Beton und Kunststoff

Der Spezialist für den Verkehrswegebau

- **Gleiseindeckungssystem BODAN aus Polymerbeton, optional auch mit reflektierender Oberfläche REFLO**
- **Gleiseindeckungssystem Gleistragplatten GTP-W und BO-TRACK**
- **Dienst- und Rettungswege aus Beton und GFK mit und ohne Montage**
- **GFK-Konstruktionen mit und ohne Montage**
- **Kabelschacht- und Kanalsysteme aus Beton bzw. Kunststoff (erdverlegt und aufgeständert)**
- **Betonfertigteile Bahnbau - Tiefbau**
- **Blindenleitsystem ÖBS® / BO-TAKT**
- **Betonsohlschalen-Systeme**
- **Porosit® Drän-Versickerungssystem**

ÖBS GmbH

Zur Ripsbek 2
 D-22952 Lütjensee
 Tel. +49 (0) 4154 99 88 400
www.oeps-gmbh.de

Effektives Drän-Versickerungssystem für die Bahn

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Gepro, HTW Dresden, DZSF / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten genehmigt / © DW Media Group GmbH