



Die Talsperrenkatastrophe vom 11.09.2023 im Wadi Darna, Libyen

Dieser Artikel über die Katastrophe vom 11. September 2023 in Darna, Libyen, wurde ausschließlich auf Basis frei verfügbarer Informationen aus dem Internet erstellt. Er wurde zunächst als interne Information des Deutschen Talsperrenkomitees (DTK) erarbeitet, in diesem Gremium diskutiert und aufgrund der Bedeutung des Ereignisses zur Veröffentlichung für die interessierten Fachkreise aufbereitet. Aufgrund der Schwere der Katastrophe mit mehreren Tausenden Toten wird eine besondere Sensibilität im Umgang mit den bereitgestellten Informationen und deren Interpretation empfohlen.

Markus Aufleger und Nima Kafashan

1 Einführung

Darna bzw. Derna (arabisch درنة) ist eine Hafenstadt im Nordosten Libyens mit einer Bevölkerung von etwa 100 000 Menschen und liegt an der Mündung des markanten Wadi Darna in das Mittelmeer. In diesem Tal wurden vor Jahrzehnten zwei Talsperren, der Al-Bilad-Staudamm (bzw. Darna-Staudamm) und der Abu-Mansur-Staudamm (bzw. Mansour-Staudamm), errichtet, um die Stadt Darna vor Hochwasser zu schützen (Bild 1).

Am 11. September 2023 kam es zu einer katastrophalen Überflutung der Stadt. Dabei haben mehrere Tausende Menschen ihr Leben verloren, mehrere Zehntausende Menschen wurden

Kompakt

- Der anzunehmende Spitzenabfluss beim Bruch der Staudämme im Wadi Darna überstieg denjenigen Abfluss, welcher sich bei den außergewöhnlichen Niederschlägen ohne die Existenz dieser Stauanlagen eingestellt hätte, um ein Mehrfaches.
- Der Bruch der Staudämme ist als wesentliche Ursache für eine der schlimmsten Katastrophen aufgrund des Versagens von Wasserbauwerken in der jüngeren Geschichte zu sehen.
- Eine eingehende Untersuchung der Abläufe und eine hydrologische Bewertung des Ereignisses sind dringend erforderlich.

obdachlos. Zur genaueren Einordnung der Opferzahlen fehlen derzeit noch belastbare Informationen. Dies ist der prekären politischen Lage im Osten Libyens geschuldet.

Die Überflutung wurde durch extreme Niederschläge des Sturmtiefs Daniel ausgelöst. Im Zuge des Ereignisses brachen die beiden Staudämme im Wadi Darna. Nachfolgend wird anhand frei verfügbarer Informationen und Bilddaten versucht, die Zusammenhänge der Katastrophe in Darna in einfacher Weise unter Verwendung fachlich begründeter Abschätzungen zu rekonstruieren. Zweifellos ist in dem immensen Leid der Bevölkerung von Darna der Anspruch auf eine tief gehende Untersuchung der Katastrophe begründet, welche aus Sicht der Autoren in der näheren Zukunft zwingend erfolgen muss.

2 Klima und Einzugsgebiet

Darna liegt an der Mittelmeerküste am östlichen Ende des Gebirges Dschabal al-Achdar. Diese Region gilt aufgrund der relativ hohen Niederschläge (**Tabelle 1**) als das fruchtbarste und baumreichste Gebiet Libyens. Das Wadi Darna beginnt in diesem Gebirge und verläuft zunächst von Westen nach Osten in etwa parallel zur rund 20 km entfernten Mittelmeerküste. In seinem Unterlauf ändert es seine Ausrichtung auf Nordost und mündet schließlich in der Stadt Darna ins Mittelmeer. Das Einzugsgebiet des Wadi Darna erstreckt sich über eine Länge von etwa 70 km und ist durchschnittlich 8 km breit. Der höchste Punkt innerhalb dieses Einzugsgebiets befindet sich auf einer Höhe von 765 m über dem Meeresspiegel. Insgesamt umfasst das Einzugsgebiet etwa 570 km² [1]. Die durchschnittliche jährliche Abflussfracht wird auf knapp 140 Mio. m³/a geschätzt (Daten bezogen auf einen Zeitraum von 40 Jahren zwischen 1960 und 2000 [1]).

3 Historische Hochwasserereignisse im 20. Jahrhundert

Im Wadi-Darna kam es in der jüngeren Geschichte zu mehreren Überflutungen, die menschliche und materielle Schäden verursachten. Die bedeutendsten bekannten Hochwasserereignisse im 20. Jahrhundert waren die Folgenden [1]:

- Oktober 1942: Aufgrund der Umstände des Zweiten Weltkriegs sind keine näheren Informationen über Verluste bei diesem Hochwasserereignis verfügbar.



Bild 1: Übersicht

- Oktober 1959: Großes Hochwasserereignis (bekannte Niederschlagshöhe ca. 145,7 mm) mit Verlusten von Menschenleben und Sachschäden.
- Oktober 1968: Hochwasserereignis von mäßiger Intensität ohne relevante Schäden.
- November 1986: Signifikantes Hochwasserereignis bei einer Niederschlagshöhe von 64,1 mm; beide Staudämme (Darna-Staudamm und Mansour-Staudamm) bereits in Betrieb; Retention von etwa 13 Mio. m³ Wasser in den gut gefüllten Staubecken (belegt durch historisches Bildmaterial [1]); geringfügige Sachschäden im Unterwasser.

4 Kurzbeschreibung der Staudämme

Zwischen 1973 und 1977 wurden die beiden Staudämme im Wadi Darna von einem jugoslawischen Bauunternehmen errichtet. Der kleinere Mansour-Staudamm wurde am Ende des Wadi Darna unmittelbar vor dem Beginn der Küstenstadt erbaut. Für

Tabelle 1: Monatliche Durchschnittstemperaturen und -niederschläge für Darna (Quelle: [10])

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez		
Mittl. Tagesmax. (°C)	17,5	18,2	19,4	21,7	24,3	27,3	28,2	29,1	28,1	26,1	23,1	19,2	∅	23,5
Mittl. Tagesmin. (°C)	10,7	10,8	11,7	13,8	16,2	19,7	22,3	23,2	21,9	18,6	15,5	12,2	∅	16,4
Niederschlag (mm)	60	39	28	10	6	2	0	0	4	32	36	57	Σ	274
Sonnenstunden (h/d)	4,7	6,1	6,4	7,3	8,9	9,7	9,6	9,5	8,3	6,9	6,1	4,8	∅	7,4
Regentage (d)	8	5	5	1	1	0	0	0	1	4	5	8	Σ	38
Luftfeuchtigkeit (%)	76	72	74	74	74	75	80	80	75	74	75	78	∅	75,6

Tabelle 2: Ausgewählte technische Informationen zu den Staudämmen (Quelle: [3])

	Spezifikationen	
Name	Derna bzw. Al Bilal	Mansour bzw. Abu Mansur
Typ	Steinschüttdamm mit natürlichem Kernmaterial	Steinschüttdamm mit natürlichem Kernmaterial
Höhe	75 m	45 m
Kronenlänge	300 m	130 m
Breite (Dammfuß)	104 m	56 m
Dammvolumen	735 000 m ³	104 000 m ³
Speicherkapazität	18 000 000 m ³	1 500 000 m ³

die deutlich größere Talsperre Darna wurde ein Standort etwa 13 km oberhalb der kleineren Anlage im Bereich der Mündung eines Seitentals gewählt. Beide Staudämme (**Tabelle 2**) waren Teil eines umfassenden Infrastrukturnetzwerks, welches insbesondere dem Hochwasserschutz aber auch der Wasserversorgung diene.

Die Absperrbauwerke der Talsperren wurden als Steinschüttdämme mit natürlichem Kern ausgeführt (**Tabelle 2** und **Bild 2**). Sowohl aufgrund der Höhen der Absperrbauwerke (75 m bzw. 45 m) als auch aufgrund der Größe der Stauräume (18 Mio. m³ bzw. 1,5 Mio. m³) sind diese Anlagen u. a. nach den Kriterien der International Commission on Large Dams (ICOLD) große Talsperren. Als Hochwasserentlastungsanlage ist jeweils ein trichterförmiger Schachtüberfall ohne Verkläusungsschutz angeordnet. Aus Satellitenbildern lassen sich die Abmessungen dieser Strukturen grob abschätzen. Die maximale Leistungsfähigkeit dieser nicht überlastbaren Entlastungsanlagen mit einem anhand von Satellitenbildern (**Bild 3**) abgeschätzten Innendurchmesser des Schachtes von 3,5 m bis 4,0 m kann mit geeigneten empirischen Formeln zu etwa 100 m³/s bis 200 m³/s bestimmt werden. Anhand der Bilddaten zu verschiedenen Zeitpunkten lässt sich ableiten, dass an beiden Talsperren grundsätzlich ein Grundablass angeordnet ist, welcher augenscheinlich mit dem Ablauf aus dem Schachtüberfall zusammengeführt wird. Am Mansour-

Staudamm war der Einlauf des Grundablasses auf den letzten Fotos vor dem Bruch noch erkennbar (**Bild 2**). Beim Darna-Staudamm hingegen ist anzunehmen, dass Ablagerungen im Stauraum den Einlauf zum Grundablass bereits seit geraumer Zeit vollständig blockieren (**Bilder 2** und **3**). Es ist davon auszugehen, dass an beiden Talsperren im September 2023 ein Teil der Speicherkapazität nicht mehr verfügbar war. Grobe Überprüfungen der Satellitenbilder ergeben Hinweise darauf, dass die oben aufgeführten Abmessungen der Staudämme (insbesondere die Höhen) möglicherweise nicht den tatsächlich realisierten Bauwerksmaßen entsprechen. Die nachfolgenden grundsätzlichen Aussagen sind von diesen Unwägbarkeiten jedoch nicht betroffen.

Aus verschiedenen Quellen sowie Fotoaufnahmen (u. a. **Bilder 3** und **4**) lassen sich zudem folgende Informationen ableiten:

- Nach dem Hochwasser von 1986 kam es offenbar zu Schäden an den hydraulischen Anlagen der Talsperren [1].
- Im Jahr 1998 wurden Risse im Dammkörper beobachtet. 10 Jahre später wurden Reparaturen durchgeführt, die jedoch aufgrund der kritischen Lage in Libyen nach vier Monaten eingestellt wurden [5].
- Im Einzugsgebiet und an den Talsperren sind keine Mess-einrichtungen (z. B. Pegelmessstellen) zur Bestimmung des Oberflächenabflusses vorhanden [1].
- Den verfügbaren Bildern zufolge wird dem Unterhalt der Absperrbauwerken keine große Bedeutung zugemessen. Unter anderem sind auf der Dammkrone baumartige Strukturen erkennbar (**Bild 3**).
- Der Auslauf der Hochwasserentlastungsanlage am Darna-Staudamm ist in einer ungewöhnlichen Art und Weise bodengleich im unterwasserseitigen Talboden angeordnet (**Bilder 2** und **4**). Grundsätzlich ist unklar, ob sich während des jahrzehntelangen Betriebs der Anlage in diesem „dükerartigen“ Bereich der Hochwasserentlastungsanlage möglicherweise dauerhafter Bewuchs bzw. eine dauerhafte Abflussbehinderung eingestellt hatte.
- Zumindest am Mansour-Staudamm ist offensichtlich ein Kontrollgang in der Dammaufstandsfläche angeordnet. Dies zeigt sich anhand des Schadensbilds der zerstörten Anlage (**Bild 9**).

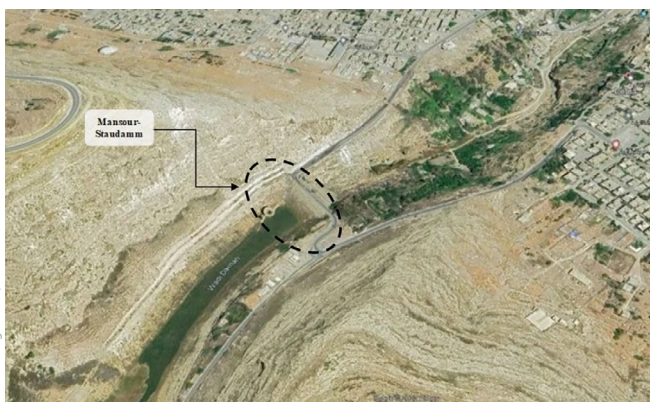


Bild 2: links: Mansour-Staudamm nahe der Stadt Darna; rechts: Darna-Staudamm



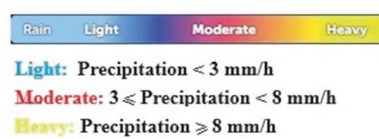
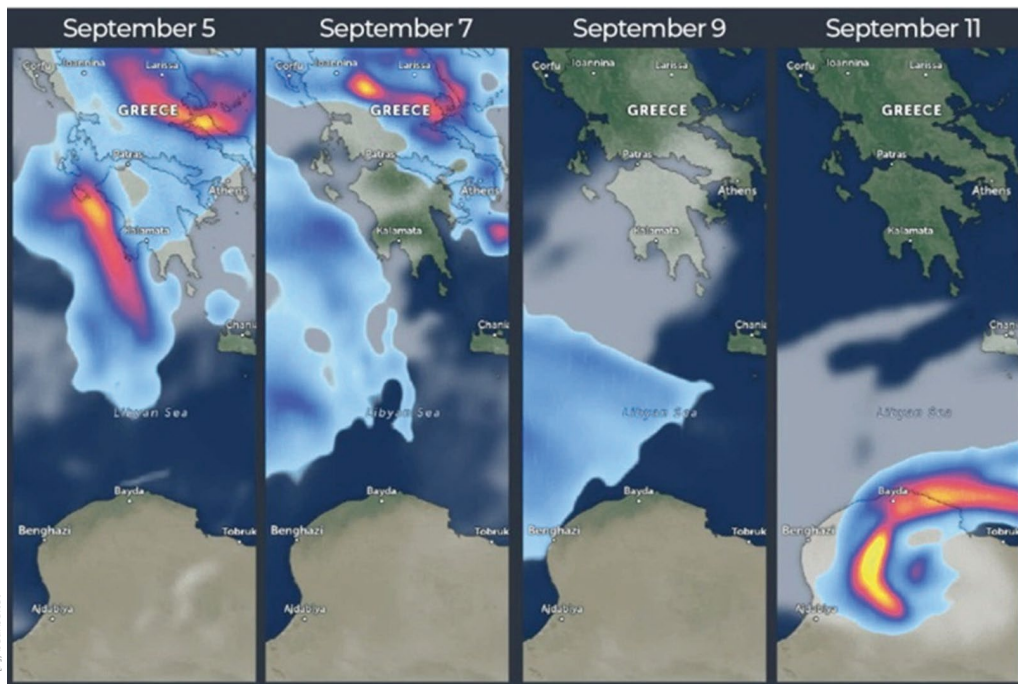
Bild 3: Schachtüberfall, Dammkörper und Krone des Darna-Staudamms vor dem Bruch

Bild 4: Bodengleicher Auslauf der Hochwasserentlastungsanlage des Darna-Staudamms

5 Das Sturmtief Daniel

Das Sturmtief Daniel führte zu schweren Überschwemmungen in Griechenland, Bulgarien und der Türkei, nachdem es sich am 4. September 2023 als Tiefdruckgebiet formiert hatte. Auf seinem Weg zur Küste Libyens (**Bild 5**) entwickelte er sich zu einem Mittelmeertief mit quasi-tropischen Eigenschaften. Die Entstehung dieses Sturms war auf ein meteorologisches Phänomen zurückzuführen, bei dem eine Hochdruckzone zwischen zwei Tiefdruckzonen eingeschlossen ist und die Isobaren das Muster eines griechischen Buchstaben Ω aufwies („Omega-Block“) [12].

Die Wassertemperatur des Mittelmeers erreichte im Sommer 2023 ein bisher nicht bekanntes Niveau. Zur Zeit des Sturmtiefs Daniel lagen die Meerestemperaturen nahe der Küste Libyens um drei bis vier Grad über dem Normalwert [2]. Diese bemerkenswerte Erhöhung der Wassertemperatur bildete die Grundlage für verstärkte Wasserverdunstung. Durch diesen Effekt steigt grundsätzlich die Fähigkeit von Tiefdruckzentren und Wirbelstürmen, Niederschlag zu erzeugen, signifikant an. Die Auswirkungen dieser Prozesse sind vielschichtig und umfassen nicht nur eine verstärkte Niederschlagsneigung. Die Kollision von Luftmassen mit unterschiedlichen Temperaturen wird



Source: Zoom.earth | September 12, 2023

Bild 5: Der Weg des Sturmtiefs Daniel

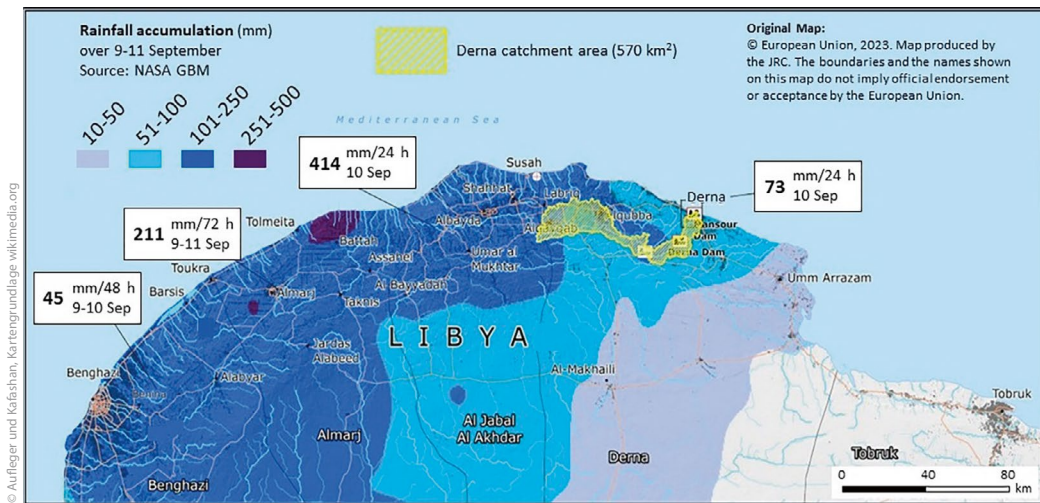


Bild 6: Niederschlagssummen im Zeitraum vom 9. bis 11. September 2023 (in gelber Farbe: Einzugsgebiet des Wadi Darna)

durch die erhöhte Wasserdampfkonzentration in der Atmosphäre verursacht. Sie führt oft zu instabilen Wetterbedingungen und der Entstehung schwerer Stürme. Die Erwärmung des Meerwassers kann somit als ein signifikanter Faktor für die Intensivierung von Wetterphänomenen wie dem Sturm Daniel betrachtet werden.

6 Der wahrscheinliche Ablauf der Katastrophe von Darna

Verschiedenen Quellen [8], [9], [11], [13] zufolge (**Bild 6**) fielen im Zeitraum vom 9. bis 11. September im Einzugsgebiet von Darna mit einer Größe von etwa 570 km² durchschnittlich 200 mm Niederschlag.

Dieses Ereignis war sehr großflächig wirksam und erfasste damit auch das gesamte Einzugsgebiet. Es liegt auch die Vermutung nahe, dass die von West nach Ost verlaufende Niederschlagsentwicklung mit der Entwicklung des Oberflächenabflusses im Wadi korrelierte und damit die Entwicklung einer sehr steilen Hochwasserwelle förderte. Die hieraus resultierende Abflussfracht kann unter Verwendung einfacher Ansätze und pauschaler Abflusswerte auf etwa 80 Mio. m³ bis über 100 Mio. m³ geschätzt werden. Sie entsprach daher einem beträchtlichen Anteil der durchschnittlichen jährlichen Abflussfracht (Kapitel 2).

In vereinfachender Art und Weise lässt sich der vermutliche Ablauf der Katastrophe von Darna schrittweise beschreiben (**Bild 7**):

- Es ist davon auszugehen, dass die Stauräume der beiden Talsperren vor dem Hochwasserereignis weitgehend leer waren. Aufgrund umfassender Sedimentablagerungen im Oberwasser der beiden Dämme war der tatsächlich verfügbare Stauraum im Vergleich zur Bauzeit vermutlich bereits deutlich reduziert. Der Grundablass am Darna-Staudamm ist zu diesem Zeitpunkt als nicht mehr funktionell anzunehmen (**Bild 7A**).
- Die aus dem Wadi Darna zuströmende Hochwasserwelle dürfte zunächst das vergleichsweise große Reservoir bzw.

den Rückhalteraum des Darna-Staudammes gefüllt haben. Direkt unterhalb des Staudammes ist in diesem Zeitraum keine Zunahme des Wadi-Abflusses möglich gewesen. Hieraus resultierte auch in der Stadt Darna eine zunächst sehr moderate Wasserführung. Möglicherweise führte dies auch zu einem aus heutiger Sicht fatalen Sicherheitsgefühl in der Bevölkerung (**Bild 7B**).

- Der Wasserstand im Oberwasser des Darna-Staudammes muss nun zunächst bis zur Oberkante des Schachtüberfalls angestiegen sein. Unter Berücksichtigung von Abflussfracht und anzunehmenden Zeitdauern des Ereignisses ist davon auszugehen, dass der Spitzenzufluss aus dem Wadi Darna im Bereich von zumindest mehreren Hundert m³/s, wenn nicht sogar deutlich darüber, gelegen haben muss. Der Zufluss muss daher die hydraulische Leistungsfähigkeit des Schachtüberfalls (Kapitel 4) deutlich überschritten haben (**Bild 7C**).
- Die Abflussfracht der Hochwasserwelle überstieg das Retentionsvolumen der beiden Talsperren im Wadi Darna um ein Vielfaches. Der Oberwasserspiegel des Darna-Staudammes muss dadurch zwingend weiter angestiegen sein. In weiterer Folge ist von einer deutlichen Überströmung der Krone und der luftseitigen Böschung des Bauwerkes auszugehen (**Bild 7D**).
- Staudämme sind in ihren regulären Bauformen nicht auf solche hydraulischen Belastungen ausgelegt. Eine Überströmung von Dämmen darf zur Vermeidung zerstörerischer Erosionsvorgänge auf der luftseitigen Böschung grundsätzlich nicht stattfinden. Passiert dies wie im vorliegenden Fall dennoch, so beginnt zunächst typischerweise eine progressive Rinnenbildung, welche in eine sich beschleunigende Formation einer Bresche übergeht. Es ist davon auszugehen, dass der Bruch des Darna-Staudammes durch solch einen Vorgang verursacht wurde (**Titelbild** und **Bild 8**). Die maximalen Abflüsse der sich aus Dammbrüchen ergebenden Flutwellen können u. a. mit einfachen Faustformeln (u. a. [14]) in Abhängigkeit der relevanten Einstauhöhen, der Breschenhöhen sowie der Volumina des im Stauraum zurückgehaltenen Wassers grob abgeschätzt

werden. Aus verschiedenen Bilddaten (Fotos, Satellitenbilder) lassen sich wichtige Abmessungen der Dämme vor und nach den Brüchen zumindest grob abschätzen. Für den Bruch des Darna-Staudammes ergeben sich hieraus Spitzenabflüsse in der Größenordnung von deutlich über $10\,000\text{ m}^3/\text{s}$ (**Bild 7E**).

- Der aus dem Bruch des Darna-Staudammes resultierende maximale Abfluss übersteigt damit den anzunehmenden natürlichen Zufluss aus dem Einzugsgebiet des Wadi Darna um ein Vielfaches (**Bild 7F**). Die vergleichsweise kurze Fließstrecke sowie die enge Talform des Wadi Darna wird dazu geführt haben, dass sich die Flutwelle auf ihrem Weg bis zum Mansour-Staudamm nur in vergleichsweise geringem Umfang abschwächen konnte. Es ist unklar, in welchem Zustand sich der Mansour-Staudamm zum Zeitpunkt des Auftreffens der Flutwelle aus dem Oberwasser befunden hatte. Jedenfalls ist davon auszugehen, dass diese Talsperre keine dämpfende Wirkung auf den Abflussvorgang ausüben konnte und dass das Dammbauwerk spätestens zu diesem Zeitpunkt ebenfalls zerstört wurde (**Bild 9**). Es ist auch die Möglichkeit in Betracht zu ziehen, dass sowohl durch das zusätzliche Volumen dieses Stauraums als auch durch den Bruch dieses zweiten Dammbauwerks eine weitere Verstärkung der Flutwelle bzw. Erhöhung des Spitzenabflusses verursacht worden sein könnte. Die im direkten Unterwasser des Mansour-Staudammes (**Bild 10**) in bewohntes Gebiet der Stadt Darna eintreffende Flutwelle muss eine gewaltige Zerstörungskraft besessen haben. Beschreibungen eines innerhalb sehr kurzer Zeit um etwa 10 m ansteigenden Wasserstands unterstreichen dies. Die Wucht der Welle führte zum Tod von mehreren Tausenden von Menschen und weiteren enormen Personen- und Sachschäden.

7 Schlussfolgerungen

Den Autoren liegen keine weitergehenden Informationen zur Hydrologie des Einzugsgebietes vor. Nach aktuellem Kenntnisstand ist davon auszugehen, dass ein äußerst ungewöhnliches Niederschlagsereignis (Sturmtief Daniel) zu extremen Abflüssen im Wadi Darna geführt hat. Diese Abflüsse waren derart groß, dass die Kapazitätsgrenzen der vorhandenen Hochwasserentlastungsanlagen überschritten wurden.

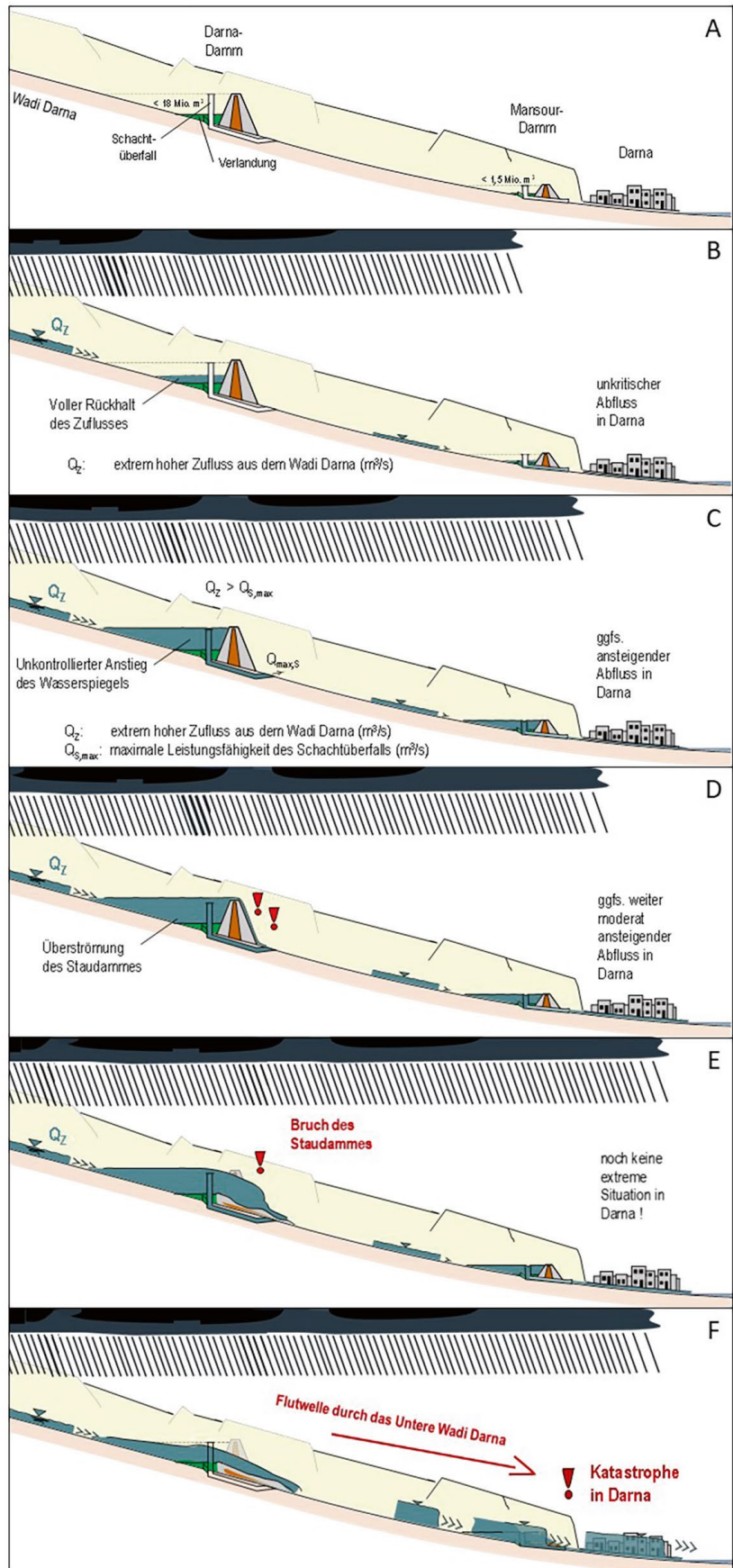


Bild 7: Stark vereinfachende Rekonstruktion eines aus derzeitiger Sicht wahrscheinlichen Ablaufs der Katastrophe



Bild 8: Der Darna-Staudamm nach der Zerstörung



Bild 9: Der Mansour-Staudamm nach der Zerstörung

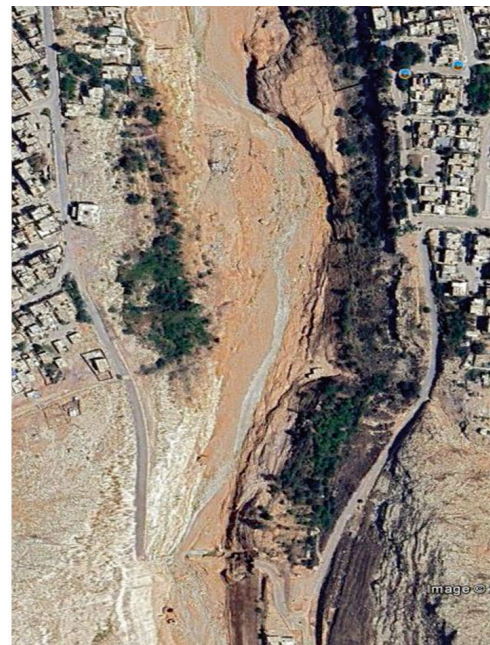


Bild 10: Bereich des Mansour-Staudammes (im unteren Bildbereich) sowie des Talraums in dessen Unterwasser (oben) vor (links) und nach (rechts) der Katastrophe

Die Bauart dieser Anlagentypen (nicht überlastbare Schachtüberfälle) bedingt einen massiven Anstieg des Wasserspiegels bei hydraulischer Überlastung. Dies führte höchstwahrscheinlich zur Überströmung der Dammkrone.

Die Struktur der beiden Steinschüttdämme ist nicht darauf ausgelegt, eine Überströmung auf der luftseitigen Böschung ohne Erosion und infolgedessen ohne Zerstörung des Bauwerkes hydraulisch sicher abzuleiten. Daher ist davon auszugehen, dass es in direkter Folge der Überströmung zum Bruch des Darna-Staudamms kam. Einfache Abschätzungen zeigen, dass der daraus resultierende maximale Abfluss aus der Bruchwelle den natürlichen Hochwasserzufluss aus dem Einzugsgebiet um ein Vielfaches überstieg. Das Resultat war eine der schwersten Talsperrenkatastrophen in der Geschichte.

Von besonderer Bedeutung ist die Erkenntnis, dass die hohe Anzahl an Todesopfern in Darna auf das Versagen der Staudämme zurückzuführen ist. Ohne die Existenz dieser Talsperren wären zweifellos ebenfalls erhebliche Schäden aufgrund eines extremen Hochwasserabflusses entstanden. Allerdings übertraf die enorme Wucht der Bruchwelle diese Abflüsse um ein Vielfaches.

8 Ausblick und Handlungsbedarf

Das schwerwiegende Ereignis in Darna erfordert dringend die Aufmerksamkeit in der Fachwelt des konstruktiven Wasserbaus. Eine weitere eingehende fachliche Analyse ist unerlässlich. Es fehlen noch entscheidende Informationen zu den Bemessungsgrundlagen, insbesondere auch im Hinblick auf den Nachweis der Hochwassersicherheit.

Dem Sturmtief Daniel wird eindeutig ein Beitrag des vom Menschen verursachten Klimawandels zugeordnet. Es ist dokumentiert, dass das Mittelmeer zu diesem Zeitpunkt ungewöhnlich warm war. Fachleute sehen einen nachweisbaren Zusammenhang mit der darauffolgenden Niederschlagsentwicklung u. a. in Libyen. Ähnliche Ereignisse in verschiedenen Einzugsgebieten weltweit geben Anlass zu ernster Besorgnis. Die Frage nach den tatsächlichen Auswirkungen des Klimawandels auf die Entstehung extremer Niederschläge und in der Folge extremer Abflüsse wird immer drängender.

In Anbetracht dieser Geschehnisse wird sich möglicherweise bald die Frage stellen, ob die derzeitigen Bemessungsstrategien

zur Hochwassersicherheit von Talsperren ausreichen. Ist eine kritische Auseinandersetzung mit diesen Strategien und eine mögliche Anpassung an die sich ändernden klimatischen Bedingungen erforderlich? Welche Aussagekraft kann den in die Vergangenen orientierten statistischen Bemessungsverfahren zukünftig zugeordnet werden?



Autoren

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Markus Aufleger
(Mitglied des ICOLD-Komitees
für Talsperrenüberwachung)

Nima Kafashan, M. Sc.

Arbeitsbereich Wasserbau an der Universität Innsbruck

Technikerstr. 13

6020 Innsbruck, Österreich

markus.aufleger@uibk.ac.at

nima.kafashan@uibk.ac.at

Literatur

- [1] Ashoor, A. R.: Estimation of the surface runoff depth of Wadi Derna Basin by integrating the geographic information systems and Soil Conservation Service (SCS-CN) model. In: SEBHA University Journal of Pure & Applied Sciences 21 (2022), Heft. 2, S. 90-100.
- [2] Henson, B.; Masters, J.: The Libya floods: a climate and infrastructure catastrophe. YALE Climate Connections, 2023 (<https://yaleclimateconnections.org/2023/09/the-libya-floods-a-climate-and-infrastructure-catastrophe/>; Abruf 15.10.2023).
- [3] Hidrotehnika-Hidroenergetika Company (Hrsg.): WADI DERNA. 2016 (www.hidrotehnika.rs/en/libya/wadi-derna/; Abruf 10.10.2023).
- [4] Gazzini, C.: When the Dams in Libya Burst: A Natural or Preventable Disaster. CRISIS GROUP, 2023 (www.crisisgroup.org/middle-east-north-africa/north-africa/libya/when-dams-libya-burst-natural-or-preventable-disaster/; Abruf 25.01.2024).
- [5] Boxerman, A.; Glanz, J.: Dire Warnings About Libya Dams Went Unheeded. The New York Times, 2023 (<https://www.nytimes.com/2023/09/16/world/middleeast/libya-dams-warnings.html>; Abruf 20.10.2023).
- [6] Al Arabiya (Hrsg.): كاتبة لم يكن... شاهد موقع السد المنهار في درنة. alhadath, 2023 (<https://hdth.tv/b629j>; Abruf 10.10.2023).
- [7] AJLabs (Hrsg.): Mapping Libya's catastrophic flood damage in Derna after Storm Daniel. Al Jazeera, 2023 (www.aljazeera.com/news/2023/9/13/mapping-libya-flood-damage; Abruf 05.10.2023).
- [8] GlobalSecurity.org (Hrsg.): Derna/Darna. 2023 (www.globalsecurity.org/military/world/libya/derna.htm; Abruf 15.10.2023).
- [9] Petley, D.: The failed dams in Wadi Derna in Libya. Eos, 2023 (<https://eos.org/thelandslideblog/the-failed-dams-in-wadi-derna-in-libya>; Abruf 10.10.2023).
- [10] WetterKontor GmbH (Hrsg.): Das Klima in Derna. 2023 (www.wetterkontor.de/de/klima/klima2.asp?land=ly&stat=62059; Abruf 5.10.2023).
- [11] Saeed, A. M.: ليبيا الاخبارية. سبلود وادي درنة، البداية والنهاية. 2023 (www.newslibya.ly; Abruf 10.10.2023).
- [12] Wikipedia (Hrsg.): Storm Daniel. 2023 (https://en.wikipedia.org/wiki/Storm_Daniel; Abruf 05.10.2023).
- [13] BBC (Hrsg.): إعصار دانيال: لماذا انهيار السدان في درنة؟. 2023 (www.bbc.com/arabic/articles/c03j2nd7zl0o; Abruf 20.10.2023).
- [14] Froehlich, D. C.: Predicting Peak Discharge from Gradually Breached Embankment Dam. In: Journal of Hydrologic Engineering 21 (2016), Heft 11.

Markus Aufleger and Nima Kafashan

The dam disaster of 11 September 2023 in Wadi Derna, Libya

This article on the disaster of 11 September 2023 in Derna, Libya, was compiled exclusively based on freely available information from the Internet. It was initially prepared as internal information for the German Dam Committee (DTK), discussed in this body and proposed for publication for interested specialist groups due to the significance of the event. Due to the severity of the disaster with several thousand deaths, particular sensitivity is recommended when dealing with the information provided and its interpretation.

DOI dieses Beitrags: <http://doi.org/10.1007/s35147-024-2321-0>