

# HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

---

Conference Paper, Published Version

**Schimmelpfennig, Saskia; Stojov, Vasko; Pätsch, Matthias; Doetsch, Jakob; Meon, Günter**

## **Rehabilitation hydrometeorologischer Messnetze im westlichen Balkan als Vorstufe für ein Hochwasservorhersagesystem am Drin-Buna-Flussgebiet**

Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:

**Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik**

---

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/103365>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Schimmelpfennig, Saskia; Stojov, Vasko; Pätsch, Matthias; Doetsch, Jakob; Meon, Günter (2015): Rehabilitation hydrometeorologischer Messnetze im westlichen Balkan als Vorstufe für ein Hochwasservorhersagesystem am Drin-Buna-Flussgebiet. In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hg.): Messen und Überwachen im Wasserbau und am Gewässer. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 53. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik. S. 45-56.

### **Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:**

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



## **Rehabilitation hydrometeorologischer Messnetze im westlichen Balkan als Vorstufe für ein Hoch- wasservorhersagesystem am Drin-Buna Flussgebiet**

Saskia Schimmelpfennig  
Vasko Stojov  
Matthias Pätsch  
Jakob Doetsch  
Günter Meon

Die Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GIZ unterstützt im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) die westlichen Balkanländer bei der Anpassung an den Klimawandel. Diese Region ist den Auswirkungen des Klimawandels bezüglich zunehmender und verschärfter Hochwasser- und Niedrigwassersituationen stark ausgesetzt. Der Beitrag fokussiert auf erste Schritte eines dort laufenden GIZ-Projektes, das mit Unterstützung des Leichtweiß-Instituts der TU Braunschweig bearbeitet wird: die Entwicklung eines zunächst rudimentären Hochwasserfrühwarnsystems für das transnationale Drin-Buna-Einzugsgebiet. Hierfür werden zuverlässige hydrometeorologische Daten auf Online-Basis benötigt. Bisher gibt es solche Daten nur an wenigen Stellen des Gebietes. In diesem Beitrag wird der Weg von der Bestandsaufnahme der vorhandenen Messnetze, der verfügbaren Daten und ihrer Qualität sowie der Planung und Umsetzung der Rehabilitation und Erweiterungen hin zu einem funktionierenden Basisnetz von Online-Stationen beschrieben. Hierzu werden für die Anliegerländer die strukturellen Defizite der bestehenden meteorologischen und hydrometrischen Stationen analysiert und die erforderlichen Maßnahmen zunächst für das Datennetzwerk benannt. Eine besondere Herausforderung stellen die Organisationsstrukturen und das Leistungsvermögen der hydrometeorologischen Dienste der vier Anliegerländer Mazedonien, Kosovo, Montenegro und Albanien dar.

Stichworte: Westlicher Balkan, Klimawandel, Drin, Hochwasserfrühwarnsystem, Online-Monitoring, Entwicklungszusammenarbeit

## 1 Problemstellung

In den vergangenen Jahren haben extreme Hochwasserereignisse im Nordwesten Albaniens erhebliche wirtschaftliche Schäden verursacht und Menschenleben gefährdet. Als Folge rückt die Anpassung an zunehmende und verschärfte Hochwasser- und Niedrigwassersituationen als mögliche Folgen des Klimawandels in den Fokus internationaler Entwicklungszusammenarbeit im westlichen Balkan. Im Rahmen dieser Problemstellung werden am Beispiel des transnationalen Drin-Buna-Flusseinzugsgebietes die ersten Schritte hin zur Entwicklung eines integrierten, nachhaltigen Hochwassermanagementsystems auf regionaler (länderübergreifender Ebene) vorgestellt. Das Projekt ist von der Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) initiiert und finanziert und gutachterlich vom LWI der TU Braunschweig unterstützt. Ziel ist die Errichtung eines zunächst rudimentären Hochwasserfrühwarnsystems. Wesentliche technische Bestandteile sind ein funktionierendes Online-Messnetz für hydrometeorologische Daten, eine quantitative meteorologische Vorhersage und ein hydrologisches Modellsystem, das in einer späteren Phase an relevanten Stellen mit einem hydraulischen Modell für die Vorhersage von Überflutungsbereichen gekoppelt werden soll. Der Schwerpunkt dieses Beitrages liegt bei der Bestandsaufnahme der Messnetze und der Datenverfügbarkeit, der Rehabilitation und Erweiterung bestehender Stationen mit Ausrichtung auf das Warnsystem.

## 2 Untersuchungsgebiet

Das Einzugsgebiet des Drin-Buna umfasst ca. 20.380 km<sup>2</sup> und erstreckt sich im westlichen Balkan über die Anliegerländer Mazedonien, Kosovo, Montenegro, Albanien und Griechenland. Der Zusammenfluss der beiden Nebenarme Schwarzer Drin (Quelle: Ohridsee, Mazedonien) und Weißer Drin (Quelle: Kosovo) im östlichen Albanien bildet das Hauptflusssystem Drin. Im Westen entwässert der Drin nach Vereinigung mit dem Ausfluss aus dem See Shkodra (Albanien/Montenegro) als Buna in das adriatische Meer. Neben mehreren natürlichen Seen greifen zwei Speicherkaskaden (z.B. Fierzë/Koman/Vau i Dejës in Albanien) maßgebend in den Wasserhaushalt ein (Abbildung 1). Die sehr heterogene Topographie mit hohen Bergen (Dinarisches Gebirge, Albanische Alpen) und steilen Tälern bestimmt in Kombination mit der Meteorologie (viel Schnee im Winter, teilweise hohe Niederschlagsintensitäten) die Abflussreaktion im Gebiet.

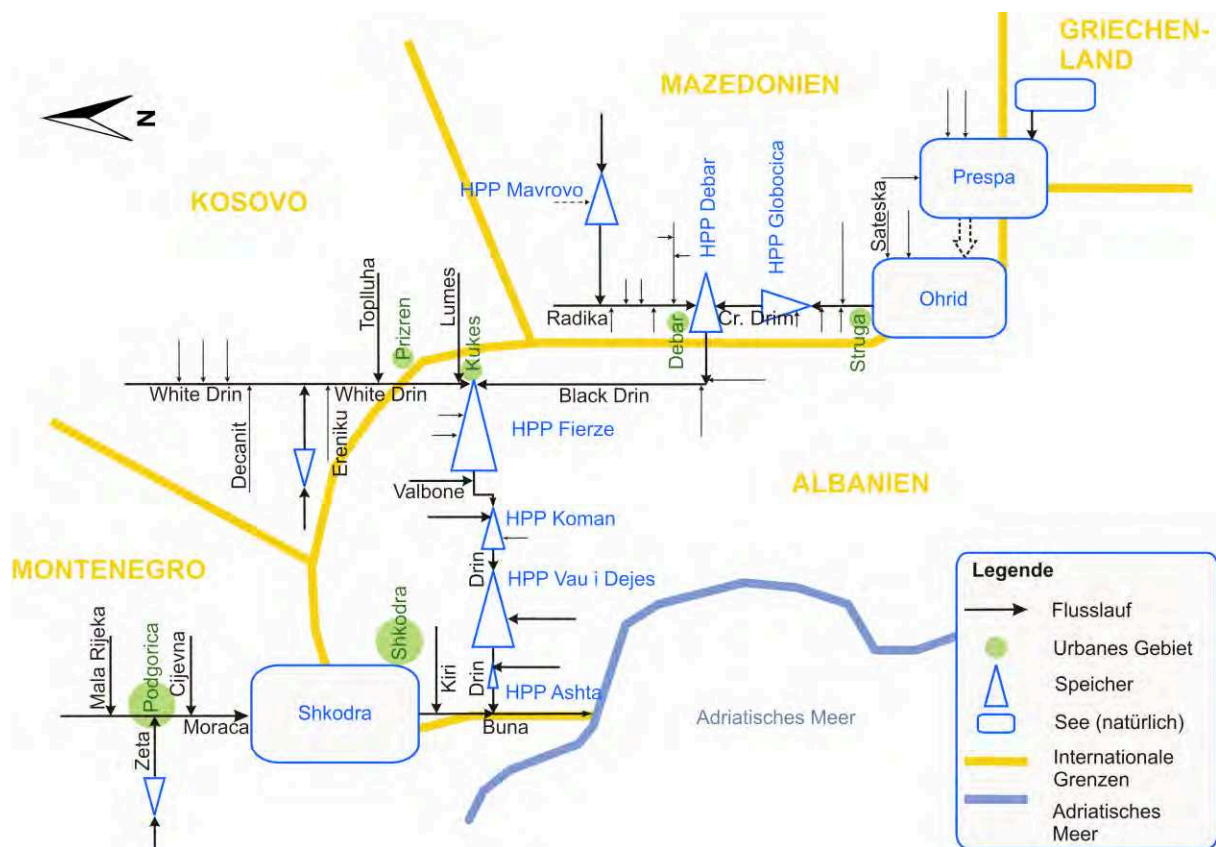


Abbildung 1: Schema des Drin-Buna-Einzugsgebietes (Meon and Pättsch, 2013)

### 3 Ergebnisse der Bestandsaufnahme 2013

#### 3.1 Hydrometeorologische Institutionen

Das aktuelle Hochwassermanagement ist den staatlich geförderten hydrometeorologischen Diensten und Krisenstäben auf nationaler Ebene zugeordnet:

- Institute of Geoscience, Energy, Water and Environment of Albania (IGEWE)
- Hydrometeorological Institute of Kosovo (KHMI)
- Hydrometeorological Service of Macedonia (HMS)
- Institute of Hydrometeorology and Seismology of Montenegro (IHMS).

Schwerpunkttätigkeiten der Dienste liegen im Bereich Unterhaltung der Messnetze, Monitoring, Datenarchivierung und Datenanalyse. Finanzielle Engpässe, geringe personelle Kapazitäten, fehlendes technisches Instrumentarium und innere politische Konflikte erschweren die tägliche Arbeit. Personalmangel findet sich vor allen in den Bereichen Techniker, IT-Personal und akademisch ausgebildete Hydrologen. Zum aktuellen Zeitpunkt ist die Unterhaltung der Messstationen von keinem der Dienste durch permanent zuständiges Personal

abgedeckt. Diese Situation führt zur unzureichenden Wartung von Messstationen, von denen zahlreiche defekt und einige vollständig zerstört sind (vgl. Abbildung 2). Das Arbeitsgebiet "hydrologische und hydraulische Modellierung" als Basis für eine quantitative Abflussvorhersage ist mit Ausnahme von Albanien nicht in die Arbeit der hydrometeorologischen Dienste integriert und auch in anderen Facheinrichtungen nicht verfügbar.



**Abbildung 2:** Verlassene hydrometrische Station in Mazedonien (Foto: Doetsch, 2013)

### 3.2 Messnetze

Ausgehend von einer ersten Besichtigung der Messnetze und einer Analyse der Datenverfügbarkeit konnte der Umfang des funktionellen Messnetzes auf ca. 37 hydrometrische und ca. 70 meteorologische Stationen abgeschätzt werden. Dieses entspricht weniger als 45% der ursprünglichen Kapazitäten (bis 1990) und verdeutlicht die Reduzierung des Messnetzes auf einen minimalen Bestand.

Eine detaillierte Analyse der Verteilung der Stationen innerhalb des Drin-Buna-Einzugsgebietes zeigt starke regionale Unterschiede. Hohe Berge beeinflussen das Niederschlags-Abflussregime im Nordosten Montenegros, im Norden Albaniens und im westlichen Teileinzugsgebiet Mazedoniens. Auf Grund der schlechten Erreichbarkeit ist die Stationsdichte in Höhen größer als 1000 müNN mit insgesamt ca. 8 Stationen sehr niedrig. Die Unruhen und politischen Konflikte zwischen 1990 und 2000 spiegeln sich in der hydrometeorologischen Ausstattung des Kosovo wieder. Zum aktuellen Zeitpunkt existiert nur eine funktionierende meteorologische Station im Nordwesten des Teilgebietes.

Aktive Stationen im Einzugsgebiet sind meist Niederschlagsstationen (z.B. SEBA RG 50, SYMMETRON HD2013R, OTT Pluviometer, ETG r102, Lambrecht 1518 H3). Daten werden häufig handschriftlich in Notizheften festgehalten, sodass die Überführung der Daten in Datenbanken zeitlich stark verzögert erfolgt. Vereinzelt existieren Datenlogger mit monatlicher Auslesung. Für das gesamte Einzugsgebiet standen bei der Bestandsaufnahme nur 14 Stationen mit Online-Datenübertragung zur Verfügung, davon keine Station in Kosovo. Die vorhandenen Klimastationen messen neben dem Niederschlag vor allen die meteorologischen Parameter Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, Sonnenscheindauer und Wind. Sensoren für Globalstrahlung, Schnee und Evaporation sind kaum vorhanden.

Das hydrometrische Messnetzwerk zeigt vor allem Schwächen in Kosovo und im unteren Bereich des Flusses Buna. Trotz der großen Anzahl an Messstationen in der Vergangenheit betreibt das KHMI aufgrund finanzieller Schwierigkeiten und Personalmangel zum aktuellen Zeitpunkt nur vier aktive Stationen. Im Bereich der Buna verhindern hohe Abflüsse ein gezieltes Hochwassermonitoring. Die Ausstattung vieler Stationen beschränkt sich auf einfache Pegellatten. Die Datensammlung erfolgt handschriftlich durch geschulte Beobachter und wird über Listen/Hefte an die zuständigen Dienste weitergeleitet. Die Finanzierung der Beobachter zeigt starke Unregelmäßigkeiten. Ungefähr 24 Stationen im Einzugsgebiet sind mit Drucksensoren (OTT PLS, SISGEO WLL, ETG ULS, OTT Thalimedes) ausgestattet. Die Datenspeicherung erfolgt über Datenlogger. Echtzeitdaten sind kaum vorhanden. Ca. 12 Stationen sind automatisch und online. An dem Fluss Buna verfügt eine Station zusätzlich über Ultraschallmesstechnologie zur Analyse der Fließgeschwindigkeit. Keiner der hydrometrischen Dienste besitzt ein ADCP (Acoustik Doppler Current Meter) zur direkten Ermittlung der Fließgeschwindigkeit. Messflügel sind zum Teil veraltet (bis zu 20 Jahre alt) oder nur eingeschränkt funktionstüchtig und verhindern die dringend notwendige Aktualisierung von Abflusskurven. Vandalismus und Diebstahl wirken sich auf eine kontinuierliche Messdatenerfassung aus. Tabelle 1 fasst das operationelle Messnetz nach der Bestandsaufnahme zusammen.

**Tabelle 1** Bewertung der meteorologischen und hydrometrischen Messnetze in 2013 (basierend auf Angaben von IGEWE, KHMI, HMS und IHMS und eigener Inspektion) durch die Gutachter: 1: schwach 2: befriedigend, 3: gut, 4: sehr gut

	Meteorologische Stationen/Transmission	Hydrometrische Stationen/Transmission	Evaluierung
<b>Mazedonien</b>	7 Meteo (=klimat.) Stationen (5 aktuell in Betrieb), 31 Niederschlagsstationen (ca. 14 aktuell in Betrieb, Datenübertragung per Post), 4 Stationen automatisiert & online (SEBA, OTT, SYMMETRON, Daten per Post, Internet, Telefon)	23 Stationen (10 mechanische Limnigraphen (SEBA), 5 aktuell aktiv, Datenübertragung über manuelle Listen per Post), 3 Stationen automatisiert & online (SEBA) (2 betrieben von ELEM an der Dammkaskade), ADCP nicht vorhanden	Meteo: 1 - 2 Hydro: 1 - 2
<b>Kosovo</b>	1 Meteo Station (3 Mess. pro Tag, keine Online Stationen), ca. 19 Niederschlagsstationen - einige mit Datenloggern - Auslesung monatlich (aktueller Operationsstatus unklar)	Ca. 18 Stationen (ca. 5 aktuell in Betrieb - Messung nur Wasserstand - einige mit Datenloggern, Auslesung monatlich)	Meteo: 1 Hydro: 1
<b>Montenegro</b>	Bis zu 100 Stationen in der Vergangenheit; aktuell aktiv: ca. 5 Meteo Stationen (2 automatisiert & online, 3 manuell mit Beobachter, - einige mit Datenloggern); 11 Niederschlagsstationen (manuell mit Beobachter, Datentransfer per Post)	9 Stationen am Flusslauf (Drucksensoren, GMS), 2 Stationen am See Shkodra, 1 automatisierte Station an der Buna (Messung: Abfluss + Fließgeschwindigkeit), mobiles ADCP nicht vorhanden	Meteo: 2 - 3 Hydro: 3
<b>Albanien</b>	Ca. 76 Meteo Stationen: 65 klimat./thermometr. Stationen, 9 Niederschlagsstationen, aktueller Operationsstatus unklar (Schätzwert ca. 29 aktiv), Datenerfassung in Papierformat (Hefte), manuelle Datenübertragung; ca. 8 Stationen automatisiert	Historisch: 52 Stationen - Daten in Papierformat; unvollständige Informationen über den Operationsstatus (Schätzwert ca. 11 aktiv); aktuell ca. 8 Stationen automatisiert & online	Meteo: 1 - 2 Hydro: 1



### 3.3 Datenbanken

Aufzeichnungen erster meteorologischer Daten liegen seit 1947 in Papierformat vor. Hydrologische Messdaten existieren seit 1923 (Mazedonien) in Papierformat. Eine Digitalisierung historischer Zeitreihen fand eingeschränkt, häufig nur für Niederschlagsdaten statt. Albanische Daten (1991 – Gegenwart) wurden 2012 digitalisiert und in eine Datenbank überführt. Meteorologische Tageswerte für Kosovo liegen erst ab 2002 digital für zwei Stationen vor. Hydrometrische Daten zeigen verstärkt Datenlücken und Inkonsistenzen, stabile Wasserstands-Abfluss-Beziehungen, ausgedrückt durch aktuelle Abflusskurven, existieren nur vereinzelt. Politische Unruhen spiegeln sich durch das Fehlen kompletter Jahressätze zwischen 1985/1991 und 2002 in den Daten Albaniens und des Kosovo wieder. Eine generell abnehmende Datenqualität ab 2001 weist auf die schwierige finanzielle Lage der Dienste hin. Bei der Bestandsaufnahme stellte keiner der Dienste hydrometeorologische Jahrbücher zur Verfügung. Interaktionen zwischen den hydrometeorologischen Diensten oder gar ein Austausch von Daten der Anliegerländer war kaum vorhanden. Auch innerhalb der Länder gab es bislang kaum einen offiziellen Datenaustausch zwischen den Betreibern der Stauanlagen und den hydrometeorologischen Diensten. Tabelle 2 fasst die historische und aktuelle Datenverfügbarkeit und Datenverwaltung zusammen.

**Tabelle 2** Bewertende Bestandsaufnahme der meteorologischen und hydrometrischen Datenbanken 2013 (Quellen: IGEWE, KHMI, HMS und IHMS)

	Hydrometeorologische Datenbank	Datenverfügbarkeit historischer Zeitreihen (digital, Tageswerte)	Evaluierung
<b>Mazedonien</b>	Meteo: Papierdokumente seit 1947; EXCEL seit 1996; CLIDATA 1961 - 2011; Hydro: Papierdokumente seit 1923; EXCEL seit 1951; HydroPro (200 - 2005); aktuell: EXCEL; Abflusskurven z.T. vorhanden	Meteo: Fast vollständige Zeitreihen (1981 - 1990 & 2001 - 2010) (10 Niederschlags- & 3 bis 4 Meteo Stationen) Hydro: Inkonsistente Zeitreihen, große Datenlücken; Wasserstand für 5 Stationen, Abfluss für 3 bis 6 Stationen (1981 - 1990 & 2001 - 2010)	Meteo: 2 Hydro: 1 - 2
<b>Kosovo</b>	Meteo: Papierdokumente; EXCEL 2000 - 2012 Hydro: EXCEL seit 1960; WISKI seit 2003 (KISTERS), aktuell: EXCEL, ASCII; Abflusskurven nicht verfügbar	Meteo: Daten für 2 Meteo Stationen seit 2002, inkonsistente Zeitreihen, große Datenlücken Hydro: Zeitreihen für 17 Stationen (Wasserstand) & 15 Stationen (Abfluss) (1960 - 1986), komplette Jahre fehlen, erneut Wasserstandsdaten ab 2003	Meteo: 1 Hydro: 1 - 2
<b>Montenegro</b>	Meteo: aktuell: CLIDATA seit 2009; WISKI (gekauft 2003) aber nicht angewendet; EXCEL/ ASCII, HYDRAS3 (Ott); ORACLE Hydro: EXCEL, ASCII und Webseite (Online-Stationen); seit 2002 starke Abnahme der Qualität; Abflusskurven vorhanden	Meteo: Fast vollständige Zeitreihen (1960 - 2010) (9 Niederschlags- & 2 Meteo Stationen) Hydro: Fast vollständige Zeitreihen (1960 - 2010) für 9 Stationen (Wasserstand) & 5 Stationen (Abfluss)	Meteo: 3 Hydro: 3
<b>Albanien</b>	Meteo: Datenspeicherung seit '50; Daten in Papierformat, ASCII/ EXCEL, Daten digitalisiert ab 1991 Hydro: ASCII; Daten in Papierformat, ASCII/EXCEL, Daten digitalisiert ab 1991; Abflusskurven unklar	Meteo: Fast vollständige Zeitreihen (1961 - 1994 & 2002 - 2010) (26 Niederschlags- & 5 Meteo Stations); Daten 1995 - 2001 fehlen, abnehmende Qualität ab 2001 Hydro: Zeitreihen (1960 - 2001/ 2010) für 12 Stationen (Wasserstand) & 15 Stationen (Abfluss); Inkonsistenzen	Meteo: 2 - 3 Hydro: 2

### 3.4 Bewertung

Die Zustandsanalyse ergab zusammenfassend, dass die Anzahl der voll funktionsfähigen und daher für die Vorhersage einsetzbaren Messstellen in den 4 Ländern unterschiedlich groß ist und hinsichtlich Qualität und Dichte länderbezogen bewertet werden muss. Gemeinsam war in allen 4 Ländern, dass die Netzwerke den Minimalanforderungen an ein Frühwarnsystem nicht genügen.

Der nachfolgende Vergleich in Tabelle 3 zeigt, dass die Dichten von Online-Stationen im Drin-Buna Einzugsgebiet deutlich unter denen von Einzugsgebieten mit Hochwasservorhersagen in Deutschland liegen (DWA, 2009).

**Tabelle 3** Vergleich der Dichte der Online-Messstationen, die für Hochwasservorhersagesysteme in Deutschland genutzt werden (DWA, 2009) und der vorhandenen Anzahl von Online-Messstationen im Drin-Buna Einzugsgebiet

Stationsdichte von Online-Messstationen in Einzugsgebieten mit einer Hochwasservorhersage	Hydrologische Stationen	Meteorologische Stationen
Vorhandene Anzahl von voll funktionsfähigen und für ein Hochwasservorhersagesystem einsetzbare Online-Messstellen	< 2 per 1000 km <sup>2</sup>	< 2 per 1000 km <sup>2</sup>
Deutschland (mittlere Anzahl)	Ca. 5 per 1000 km <sup>2</sup>	Ca. 3 per 1000 km <sup>2</sup>
Deutschland (maximale Anzahl)	Ca. 10 per 1000 km <sup>2</sup>	Ca. 11 per 1000 km <sup>2</sup>
Deutschland (minimale Anzahl)	Keine Angaben	Ca. 2 per 1000 km <sup>2</sup>

## 4 Rehabilitation und Erweiterung bestehender Messnetze

Ziel der Rehabilitation durch die GIZ ist, basierend auf den Empfehlungen der Gutachter, die Abdeckung des Einzugsgebietes durch ca. 38 meteorologische und ca. 40 hydrometrische Online-Stationen mit automatischer Messdatenerfassung und Speicherung (einschließlich der schon betriebenen Stationen). Wird nur das „aktive“ Einzugsgebiet unterhalb der beiden großen Seen in Mazedonien mit einer Größe von ca. 18.000 km<sup>2</sup> angesetzt, ergibt sich eine Dichte von ca. zwei Online-Stationen pro 1000 km<sup>2</sup>. Diese Dichte wird als gerade noch ausreichend für den Einstieg in ein erstes rudimentäres Hochwasserfrühwarnsystems betrachtet.

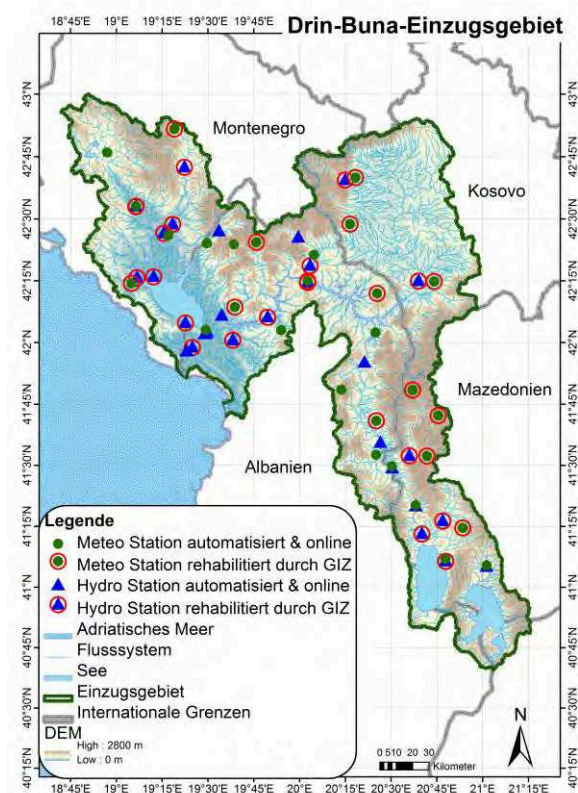
Das limitierte Budget beschränkte den Ausbau des Messnetzes 2013/2014 um zunächst 33 Stationen (15 meteorologische, 18 hydrometrische), von denen fünf Stationen (drei hydrometrische, zwei meteorologische) neu errichtet wurden



(Phase 1) (vgl. Abbildung 3). In einer Phase 2 empfiehlt die GIZ die Instandsetzung weiterer neun meteorologischer und zehn hydrometrischer Stationen.

Kriterien für die Auswahl der Stationen in Phase 1 waren primär die Fortsetzung vorhandener historischer Zeitreihen sowie die Lage in klimatisch extremen Bereichen (hohe Schneeschmelze, hohe Niederschlagsintensitäten) und an maßgebenden Zuflüssen bzw. Teileinzugsgebieten. Zudem waren die Sicherheit und Zugänglichkeit der Stationen, administrative Rechte und Genehmigungen sowie der Unterhaltungsaufwand entscheidende Auswahlkriterien. In Phase 1 wurden vor allem verlassene, diskontinuierlich betriebene Stationen und manuell abgelesene Langzeitstationen wieder in Betrieb genommen bzw. aufgerüstet. Der Ausbau wurde in der Niedrigwasserphase (August bis September) durchgeführt. Abbildung 3 zeigt die räumliche Verteilung des automatisierten online-basierten Messnetzes. Tabelle 4 fasst die Rehabilitation der hydrometeorologischen Stationen zusammen.

Als messtechnische Ausstattung zur Datenspeicherung und Übertragung wurden GPRS kompatible Datenlogger gewählt. Insgesamt wurden drei Klimastationen (HMS, IHMS) und sechs manuell abgelesene Niederschlagsstationen (KHMI, IGEWE und IHMS) automatisiert. Zusätzlich wurden drei kontinuierlich betriebene, manuell abgelesene Klimastationen (HMS, IGEWE) durch Erweiterung der Sensoren (Wind, Luftdruck, Lufttemperatur, Luftfeuchte) und der Datenübertragung zu automatischen Wetterstationen nach Standard der WMO aufgestockt. Zur Berücksichtigung des Abflusspotentials aus Schneeschmelze wurde das meteorologische Messnetz durch zwei neue Stationen in Höhenlagen über 1000 müNN erweitert. Mess-technisch wird ein kombiniertes Schnee-Niederschlag-Monitoring entweder durch eine universelle Niederschlagsstation UPG (Universal Precipitation Gauge) z.B. OTT Pluvio<sup>2TM</sup> oder durch die Kombination akustischer Schneesensor (Campbell Scientific SR50A)/ Lufttemperatursensor abgedeckt. Die extremen Witterungsverhältnisse erfordern die Beheizung einzelner Messstationen.



übertragung zu automatischen Wetterstationen nach Standard der WMO aufgestockt. Zur Berücksichtigung des Abflusspotentials aus Schneeschmelze wurde das meteorologische Messnetz durch zwei neue Stationen in Höhenlagen über 1000 müNN erweitert. Mess-technisch wird ein kombiniertes Schnee-Niederschlag-Monitoring entweder durch eine universelle Niederschlagsstation UPG (Universal Precipitation Gauge) z.B. OTT Pluvio<sup>2TM</sup> oder durch die Kombination akustischer Schneesensor (Campbell Scientific SR50A)/ Lufttemperatursensor abgedeckt. Die extremen Witterungsverhältnisse erfordern die Beheizung einzelner Messstationen.

**Abbildung 3:** Rehabilitiertes Messnetz des Drin-Buna-Einzugsgebietes

Die Plausibilitätskontrolle der Wasserstands- und Abflussreihen und die Auswertung der Messnetzdicke erforderten in einer ersten Phase die Instandsetzung der Messstationen des Hauptstroms White Drin/ Black Drin/ Drin/ Buna, der Seen (Ohrid, Shkodra) und der maßgebenden Zuflüsse (z.B. Sateska, Radika, Valbonë, Morača und Zeta). Die messtechnische Erweiterung besteht zum einen aus der Ersetzung manuell abgelesener Linnigraphen durch Drucksensoren, zum anderen in der Ausstattung bzw. Nachrüstung der Stationen mit GRPS kompatiblen Datenloggern.

Einzelne verlassene oder beschädigte Stationen erforderten die Konstruktion einer vollständig neuen Pegelstation inkl. Messschacht und Pegelhaus. Neu errichtete hydrometrische Stationen decken die Dammkaskade Fierzë/Koman/Vau i Dejës (Albanien) ab. Als Messtechnik wurden Radar-Wasserstand-Sensoren gewählt. Ziel der Erweiterung ist eine dauerhafte Kooperation der nationalen Dienste mit dem albanischen Talsperrenbetreiber KESH (Korporata Elektroenergjitike Shqiptare) als essentieller Bestandteil des Hochwasserfrühwarnsystems. Neben dem Ausbau des hydrometrischen Messnetzes unterstützt die GIZ die Rekonstruktion und Aktualisierung von Abflusskurven durch Ausstattung der Dienste mit moderner Durchflussmesstechnik (z.B. AquaProfilier M-Pro, SEBA).

**Tabelle 4** Durchgeführte Rehabilitierung des hydrometeorologischen Messnetzes 2013/2014 (Phase 1) und empfohlene zukünftige Erweiterung (Phase 2)

	Rehabilitierung Meteorologischer Stationen	Rehabilitierung Hydrologischer Stationen	Empfehlung
<b>Mazedonien</b>	2 neue Stationen in Höhenlage (1107 müNN & 1452 müNN) (automatisiert); upgrade 2 Langzeit-Klimastationen (manuell + Beobachter) zu automatisierten Wetterstationen nach WMO	Upgrade 4 Pegel (2 aktiv mit manuellen Papierstreifenschreibern, OTT Linnigraphen, 1 aufgegeben, 1 beschädigt) mit Drucksensoren und GPRS kompatiblen Datenloggern	2 + 1 Stationen (2. Phase)
<b>Kosovo</b>	Upgrade 1 Meteo Station (Beobachter + manuell) und 2 verlassene Niederschlagsstationen (Beobachter + manuell) zu automatisierten Stationen, GRPS kompatible Datenlogger	Upgrade 2 Pegel (aktiv/unkalibriert, SEBA PLS + SEBA MDS Insider + HT-100 oder HDA) zu automatisierten Pegeln (Wasserstand)	4 + 5 Stationen (2. Phase)
<b>Montenegro</b>	Upgrade 1 Niederschlagsstation und 1 Klimastation (verlassen, lokaler Beobachter) zu automatisierten Stationen; Upgrade 1 Langzeit- Klimastation (automatisierte Datenübertragung aber limitierte GMS Kapazität) mit GPRS Kapazität	Upgrade 6 automatisierte Stationen (aktiv/kalibriert SP + OTT Thalimedes/ OTT PLS + (LogoSens/ DuoSens) + GSM, 3 am See Shkodra) mit GPRS kompatiblen Datenloggern; Upgrade 1 Station (manuell, Beobachter) mit Drucksensor und GPRS kompatiblen Datenlogger, (neuer Messschacht etc.)	1 + 1 Stationen (2. Phase)
<b>Albanien</b>	Upgrade 1 Niederschlagsstation (Langzeit, Beobachter + manuell) zu automatisierter Wetterstation nach WMO; Upgrade 3 Niederschlagsstationen (Langzeit, Beobachter + manuell) zu automatisierten Stationen, Sensoren Lufttemperatur & Luftfeuchte für 1 Station; Neue Niederschlagsstation automatisiert, Fierze Damm	Upgrade 2 Pegel (1 verlassen, 1 aktiv/unkalibriert 12V + SEBA DS22 + MDS -5) zu automatisierten Pegeln, neuer Messschacht/Pegelhaus erforderlich; 3 neue Stationen an der Dammkaskade, Ausstattung mit Radar-Wasserstandssensoren	2 + 3 Stationen (2. Phase)

## 5 Ausblick

Das angestrebte Hochwasserfrühwarnsystem kann als integraler Bestandteil eines aktiven Hochwasserschutzkonzepts maßgebend zur Reduzierung von Hochwasserschäden beitragen. Für das Drin-Buna-Einzugsgebiet erfordert der Aufbau eines solchen Systems ein hohes Maß an Kooperation, Engagement und Transparenz der zuständigen Institutionen der vier Anliegerländer. Die durchgeführte Einrichtung von Online-Stationen mit Integration vorhandener Online-Stationen in ein länderübergreifendes hydrometeorologisches Messnetz durch die GIZ schafft die Voraussetzungen in den Einstieg in das Frühwarnsystem. Zukünftige Erweiterungen in einer Phase 2 sollen die Stationsdichte insbesondere in Gebirgslagen erhöhen, die Abflusskurven verbessern und die Stabilisierung der Querprofile an den Stationen einschließen. Neben den Tätigkeiten der hydrometrischen Dienste auf nationaler Ebene werden die regionale Zusammenarbeit, der Austausch von Echtzeitdaten und eine enge Kooperation mit den Talsperrbetreibern weiterhin gefördert. Inzwischen erstellte das Leichtweiß-Institut der TU Braunschweig in Kooperation mit dem Ingenieurconsulting IfW GmbH, Braunschweig im Auftrag der GIZ ein erstes hydrologisches Planungsmodell für das gesamte Einzugsgebiet unter Nutzung historischer Daten und Daten aus dem Online-Messnetz (Meon et al., 2014).

## 6 Literatur

- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA 2009): Modelle zur operationellen Hochwasservorhersage (Models for operational flood forecast). DWA-Themenheft, Hennef, 2009.
- Meon, G., Pätsch, M. (2013): Assessment Study for Gaps and Needs in Establishing a DEWS (Drin Early Warning System). Final Report for GIZ. Braunschweig, 2013.
- Meon, G., Riedel, G., Schimmelpfennig, S. (2014): Climate change adaption in Western Balkans: Development and application of a (rough) hydrological model for the Drin/Drin-Buna-Bojana basin. Final Report for GIZ. Braunschweig, 2014.

Autoren:

M.Sc. Saskia Schimmelpfennig  
Dr.-Ing. Matthias Pätsch  
Prof. Dr.-Ing. Günter Meon

Technische Universität Braunschweig  
Abt. Hydrologie, Wasserwirtschaft und  
Gewässerschutz  
Beethovenstr. 51 a  
38106 Braunschweig

Tel.: +49 531 391 3950  
Fax: +49 531 391 3955  
E-Mail: [s.schimmelpfennig@tu-bs.de](mailto:s.schimmelpfennig@tu-bs.de)  
[m.paetsch@tu-bs.de](mailto:m.paetsch@tu-bs.de)  
[g.meon@tu-bs.de](mailto:g.meon@tu-bs.de)

Vasko Stojov

National Hydrometeorological Service,  
Macedonia  
Skupi 28, Skopje 1000  
Republic of Macedonia

Tel.: +389 75237924  
Fax: +389 23097118  
E-Mail: [vasko@meteo.gov.mk](mailto:vasko@meteo.gov.mk)

Jakob Doetsch

Deutsche Gesellschaft für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH  
Rruga Skenderbej, Pallati 4, Ap 6  
Tirana, Albania

Tel.: +355 42273639  
Fax: +355 42273469  
E-Mail: [jakob.doetsch@giz.de](mailto:jakob.doetsch@giz.de)