

## Störungsregime in einer natürlichen, alpinen Flusslandschaft Der Tagliamento – König der Alpenflüsse

Andreas von Hessberg

### *Zusammenfassung*

*Alpine Flusslandschaften gehören mit ihren hohen Abflussdynamiken und Geschiebemengen zu den dynamischsten Landschaften in Zentraleuropa. Die natürlichen Störungsregime, verursacht durch die Hochwässer und den Materialtransport, sind die entscheidenden Treiber des kontinuierlichen Kreislaufs von Sukzessionen und Vergehen. Dabei besitzt das Hochwasser drei bedeutende und für die natürliche Dynamik essenzielle Wirkungsweisen: Es wirkt als Agens auf Grund der Wucht des Wasserdrucks direkt auf bewegliche und nicht bewegliche Objekte. Es wirkt als Prozess in Form von Überflutungen in zeitlich unterschiedlichen Skalen auf die belebte und unbelebte Natur. Es wirkt als Vektor in Form eines Transportmediums auf Objekte und verlagert diese. Eine grosse Bedeutung bei dieser natürlichen Störungsdynamik kommt dabei einem intakten Auenwald und einem unverbauten Flusslauf zu. Der Tagliamento im Nordosten Italiens ist das Paradebeispiel eines freifliessenden alpinen Flusses mit einer weitestgehend intakten Auenlandschaft.*

## 1 Einleitung

Einige der grossen Alpenflüsse besitzen eine sehr hohe Abflussdynamik mit hoher Geschiebemenge und – sofern sie nicht verbaut wurden – eine typische Furkationszone im Mittellauf (altdeutsch: Forke = Gabel). Zur Schneeschmelze und bei sommerlichen Starkniederschlägen können Hochwässer auftreten, die durch die damit einhergehende Dynamik das Flussbett immer wieder neu gestalten und vegetationsfreie Sedimentflächen, Pionierzonen, Totholzablagerungen, Inseln und Uferzonen unterschiedlicher Stabilität hervorbringen.

Der Tagliamento im Nordosten Italiens (Abb. 1) gilt als das Referenzgewässer eines grossen, unverbauten Alpenflusses und als ein Vorzeigegewässer der europäischen Wasserrahmenrichtlinie. Seit langem wird von der internationalen Naturschutzgemeinschaft die Aufnahme des gesamten Flusssystemes als Fauna-Flora-Habitat-Gebiet (FFH) in das Natura 2000-Netzwerk gefordert.

---

Adresse des Autors: Dr. Andreas von Hessberg, Universität Bayreuth, GEO II, Universitätsstr. 30, D-95447 Bayreuth; E-Mail-Adresse: andreas.hessberg@uni-bayreuth.de

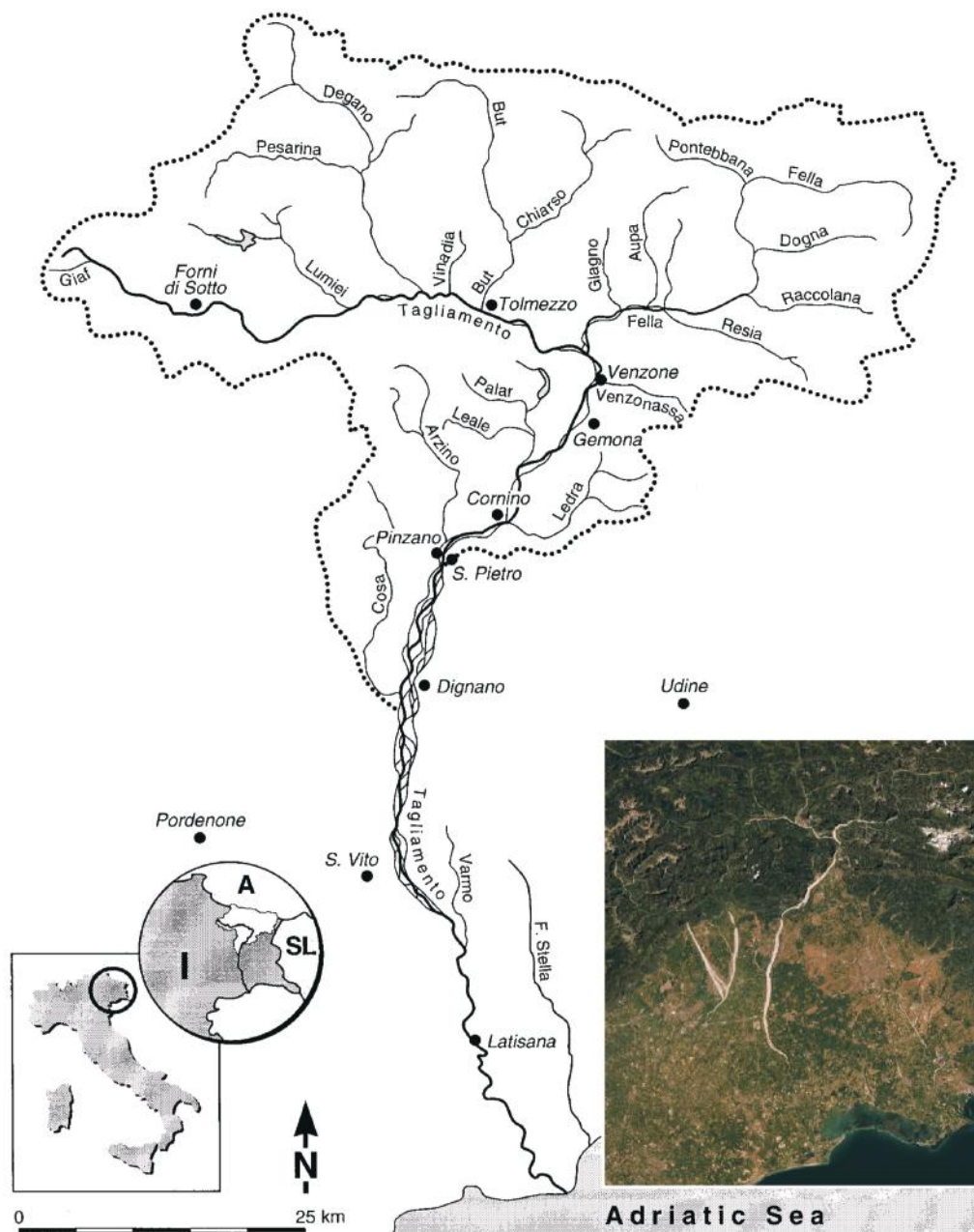



Abb. 1 Lage und Einzugsgebiet des Tagliamentos im Nordosten Italiens (aus Ward et al. 1999, 67, verändert). Auch im Satellitenbild (aus ) ist das lange Schotterband der Umlagerungsstrecke deutlich zu erkennen.

Bisher sind nur zwei, zur Gesamtgröße der Furkationszone relativ kleine Bereiche ( $21 \text{ km}^2$  von  $150 \text{ km}^2 = 14 \%$ ), als FFH-Gebiet aufgenommen worden (; *Maiorano et al. 2007*; *Müller 2005*). Im Gespräch ist sogar eine Aufnahme in die Liste der UNESCO-Biosphärenreservate.

Der Tagliamento fließt auf etwa 170 Kilometern aus dem alpinen Bereich der östlichen Dolomiten in die nördliche Adria. Seine Quelle liegt auf 1'200 m ü. M. im Parco Naturale Dolomiti Friulane (Abb. 2). Im Einzugsgebiet des Tagliamentos und seines grössten Zuflusses, der Fella, fallen immens hohe jährliche Niederschlagsmengen, durchschnittlich bis zu 2'500 mm, in manchen Jahren über 3'500 mm pro Jahr, verursacht durch die starke südalpine Stausituation und die dadurch bewirkten sommerlichen Gewitter- und Starkregenereignisse (☁<sub>2</sub>). Infolgedessen besitzt der Tagliamento eine sehr hohe Abflussdynamik sowie, bedingt durch das anfängliche Gefälle des Flusses und die Erosionskraft, eine sehr hohe Sedimentfracht. In dieser Frachtmenge (Geschiebe) ist auch eine bedeutende Menge an Totholz enthalten.



Abb. 2 Im alpinen Quellbereich des Tagliamentos, bei etwa 1'200 m ü. M. Auffällig ist das steile Relief, die grob-kantigen Schotter in der Umlagerungsstrecke und der geringe Bewuchs auf Grund der hohen Störungsdynamik (Juni 2017).

*Foto: A. von Hessberg*

## 2 Flussdynamik, wie sie in Mitteleuropa selten ist

Ein Teil des typischen Landschaftsbilds eines grossen alpinen Flusses ist die breite Furkationszone des Mittellaufs (Abb. 3). Diese Zone wird charakterisiert durch die sich immer wieder stark verzweigenden und vereinigenden Flussarme und dadurch verursacht eine Vielzahl an Inseln mit vielen unterschiedlich alten Sukzessionsstadien der Vegetation. In dieser an den Fluss angrenzenden rezenten Umlagerungsaue – hier begrifflich und biogeografisch zu unterscheiden von der Weich- und Hartholzau – werden mitgeschlepptes Geröll, Kies, Feinmaterial, Totholz und anderes biogenes Material abgelagert. Die mosaikartig im Flussbett verteilten und durch Gefälleunterschiede bewirkten Unterschiede der Schubspannung formen ein dreidimensionales Landschaftsmuster, das durch die hohe Dynamik in diesem System im Laufe der Zeit verschiedene, sich ständig verändernde und abwechslungsreiche Habitatstrukturen entstehen und wieder vergehen lässt: ein Paradebeispiel für eine vierdimensionale Betrachtungsweise eines Landschaftsausschnitts. Der Tagliamento liefert in manchen Jahren bis zu 800'000 m<sup>3</sup> Geschiebe aller Art aus dem alpinen Oberlauf. Das Resultat sind ausgedehnte Schotterflächen im Mittellauf, die sogar auf Satellitenfotos gut als heller Streifen erkennbar sind (Abb. 1). Der mancherorts fast zwei Kilometer breite



Abb. 3 Blick vom Monte Ragonia nach Norden auf das riesige Schotterbett der rezenten Umlagerungsaue, auf viel angeschwemmte Bäume und Inseln unterschiedlicher Sukzessionsstadien. Nähe Ortschaft Cornino (Juni 2019).  
Foto: A. von Hessberg

Schotterkörper baut sich an vielen Stellen immer weiter auf, während an anderen Stellen wieder erodiert wird. Besonders bei höheren Wasserständen verschütten alpine Flüsse wegen dieser hohen Sedimentfracht regelmässig ihr eigenes Flussbett. Deshalb muss die Hauptströmung (der Stromstrich) kontinuierlich ihre Fliessrichtung ändern, wodurch sich der Fluss entsprechend häufig auch verzweigt bzw. aufgabelt (Abb. 4; Kretschmer 1995; Tockner et al. 2005).

## 2.1 Extremes Abflussregime

Die Hochwässer am Tagliamento können zu fast jeder Jahreszeit auftreten, ob zur Schneeschmelze oder zu sommerlichen Starkregenereignissen im Gebirgsbereich des 2'900 km<sup>2</sup> grossen Einzugsgebietes. Das Flusssystem und die Abflussdynamik reagieren oft sehr schnell und heftig auf solche Ereignisse, denn im alpinen und montanen Oberlauf sind aufgrund des Platzmangels in den engen Kerbtälern und des starken Gefälles nur wenige dicht bewachsene und damit hochwasserbremsende Auenbereiche vorhanden, zumeist Weichholzaunen mit Grau-Erle (*Alnus incana*) und Weiden-Arten (*Salix spec.*), aber auch historische Auen mit Schneeheide-Kiefernwald. Die sichtbare, oberflächlich abfliessende Wassermenge kann innerhalb weniger Stunden um ein bis zwei Meter ansteigen, um dann einen Tag später wieder auf dem vorherigen Niveau zu liegen. Bei flussmorphologischen Untersuchungen kann dies an verschiedenen Indizien erkannt werden, beispielsweise an den Ablagerungsschichten im Sedimentkörper oder an den Genisten in den Ästen



Abb. 4 Furkationszone des Mittellaufs unterhalb der Engstelle am Ponte di Pinzano (Juni 2019).

*Foto: A. von Hessberg*

der Ufervegetation. Alle Pflanzen, die versuchen, sich auf den vom zurückgehenden Hochwasser teilweise noch feuchten (Fein-)Sedimentflächen zu etablieren, können beim nächsten Hochwasserereignis auch schon wieder weggespült oder übersandet/überschottert werden. Durch die schnellen und heftigen Ausschläge des Abflussregimes ist die Dynamik der abiotischen Störungen eine fast jährliche Konstante in dieser Landschaft, manchmal sogar mehrmals pro Jahr. Die Flussdynamik sorgt mit den dargestellten physikalischen Rahmenbedingungen für ein stetiges Störungsregime und dadurch für einen hohen Anteil an Rohböden und Pionierflächen, die für die darauf spezialisierte Flora und Fauna essentiell sind (Lippert et al. 1995).

Die Pionierflächen und die hohe, vom Menschen weitestgehend unveränderte Flussdynamik des Tagliamentos vom Ober- über den Mittel- bis zum Unterlauf sind etwas sehr Seltenes in unserer europäischen Kulturlandschaft geworden. Zwar sind die Hart- und Weichholzaue des Tagliamentos an vielen Flussabschnitten des Mittel- und Unterlaufs schon an die Landwirtschaft und die Siedlungen verloren gegangen, aber die aktive Umlagerungsaue konnte bisher nur in sehr kleinen Teilabschnitten vom Menschen verändert werden – die Dynamik ist zu hoch für dauerhaft einengende Eingriffe in diese Landschaft.

## 2.2 An Dynamik angepasste Flora und Fauna

Der Tagliamento beherbergt wegen der hohen Flussdynamik eine ungewöhnlich grosse Anzahl an selten gewordenen Tier- und Pflanzenarten, in der Regel hoch spezialisierte Pionierarten, die einem hohen Konkurrenzdruck durch spätere Sukzessionsstadien nicht lange standhalten können. Darunter sind beispielsweise die Deutsche Tamariske (*Myricaria germanica*; Abb. 5), das Ufer-Reitgras (*Calamagrostis pseudophragmites*), die Flussufer-Wolfspinne (*Arctosa cinerea*) oder der Europäische Triel (*Burhinus oedicephalus*). Das Störungsregime, die physikalischen Rahmenbedingungen des Geschiebetransportes und der Geschiebeablagerung, der Strukturreichtum, sowie die Artenvielfalt der Umgebung und der hohe Energieinput in Form von Hochwasserdynamik in dieses Flusssystem sorgen für eine hohe Biodiversität (Kuhn 1995; Kuhn 2005). Der Schutz der Flussdynamik und der damit einhergehenden Rohbodenhabitats sollte deshalb höchste Priorität in der europaweiten Natur- und Artenschutzpolitik besitzen.

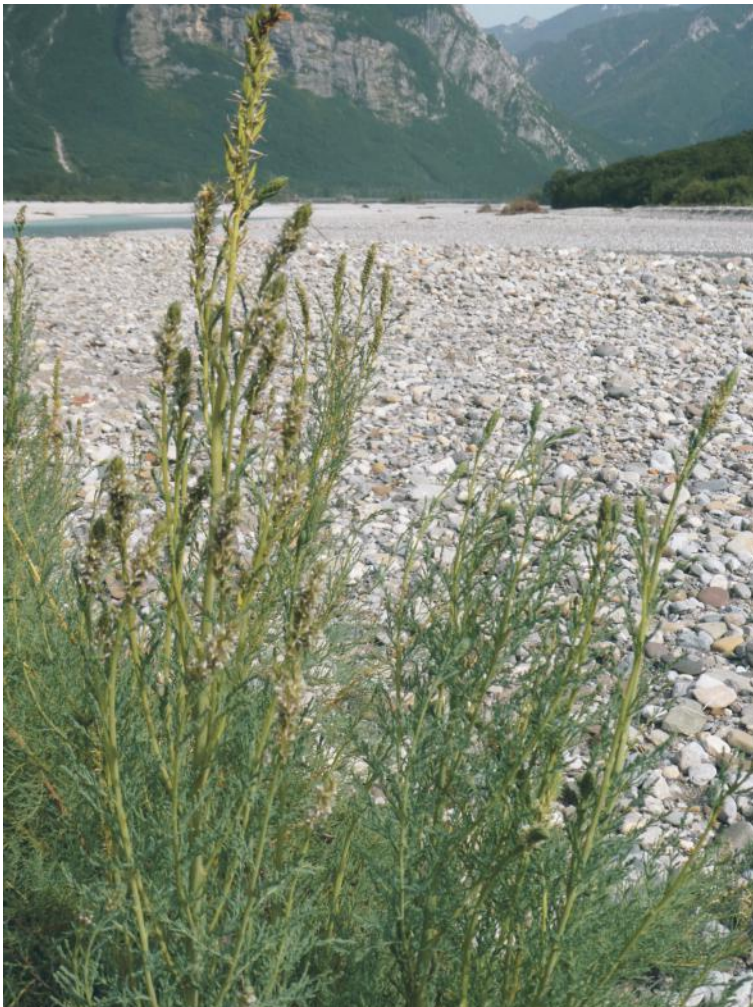


Abb. 5 *Myricaria germanica* in grossen und vitalen Beständen im Bereich des Zusammenflusses von Fella und Tagliamento (Juni 2019).

Foto: A. von Hessberg

### 2.3 Geschiebetransport und Inselbildung

Der Geschiebetransport beinhaltet auch eine Ablagerung von Baumstämmen mit deren Wurzeltellern. Diese bleiben im Laufe des Hochwasserrückgangs im Flussbett hängen, drehen sich im Wasser mit der Strömung und richten sich an der Hauptströmung aus, so dass die Wurzeltelner flussaufwärts zeigen. Diese sind, bereits während das Hochwasser zurückgeht, grosse Hindernisse in der Strömung. Direkt am Wurzelteller, der Strömung zugewandt, bildet sich eine Bugwelle mit höheren Fliessgeschwindigkeiten aus. Das umgebende Sediment wird tief ausgespült und seitlich um das Hindernis herum transportiert. Im Lee der Baumwurzel und entlang des Baumstamms bilden sich Wirbel, Kehrwasser und beruhigte Zonen mit einer starken Sedimentation aufgrund der schnell nachlassenden Fliessgeschwindigkeit. Im dort abgelagerten Feinsediment wird während der Trockenzeiten besonders gut Niederschlagswasser gespeichert. Das sichert den Pionierarten, beispielsweise Weidenarten (*Salix spec.*), Hybridpappeln (*Populus × canadensis*), Sanddorn (*Hippophae rhamnoides*) oder der Deutschen Tamariske (*Myricaria germanica*), aber auch angeschwemmten, noch lebenden pflanzlichen Bestandteilen, die wieder ausschlagen, das Überleben im Hochsommer. Innerhalb von nur einer Vegetationsperiode kann so aus einem angeschwemmten Totholz eine grüne Insel inmitten der Schotterfläche entstehen.

Wird diese grüne Insel beim nächsten Hochwasserereignis nicht zu stark gestört, so akkumuliert sich erneut Feinmaterial im Lee des Strömungshindernisses. Zusätzlich ist die schon aufwachsende Vegetation des Vorjahres wiederum Hindernis in der Strömung, wodurch biotisches



Abb. 6 Mehrjähriges Stadium einer Inselbildung im Mittellauf bei Cornino mit Gehölzaufwuchs (*Salix spec.*; *Populus spec.*; *Hippophae rhamnoides*), in der bei entsprechendem Hochwasser Totholz und Feinsediment abgelagert werden (Juni 2019).  
Foto: A. von Hessberg

und abiotisches Material hängen bleibt und den Strömungswiderstand nochmals erhöht. Die grüne Insel wächst somit weiter, so dass schon nach wenigen Jahren Aueninseln inmitten des Schotterbetts etabliert sind (Abb. 6). Auf den ältesten Inseln stehen bis zu 20 Meter hohe Exemplare der schnellwachsenden Hybridpappeln (*Populus × canadensis*) und im Unterwuchs ein dichtes Geflecht von Sträuchern wie Weiden (*Salix spec.*) und Brombeeren (*Rubus spec.*): Die Sukzession bewegt sich klar in Richtung einer Weichholzaue (Abb. 7; Gurnell et al. 2000). Auch invasive Neophyten wie Indigostrauch (*Amorpha fruticosa*) und Schmetterlingsflieder (*Buddleja davidii*) können sich in den verschiedenen Entwicklungsstadien der Weichholzaue besonders gut etablieren, teilweise in flächigen Reinbeständen.

Die Furkationszone des Tagliamentos mit dem dynamischen Störungsregime besitzt eine hohe Vielzahl an unterschiedlichen Inselsukzessionsstadien und dadurch eine sich selbst rückkoppelnde Verstärkung des Störungsregimes: Je mehr Inseln vorhanden sind, desto geringer wird der Flussquerschnitt des Hochwassers, wodurch wiederum Strömung und Schubspannung erhöht werden. Diese höhere Schubspannung bedingt eine höhere Erosionskraft des Wassers an den Seitenkanten der etablierten Vegetationsinseln und in das mobilisierbare Schottersubstrat des Flussbetts. So werden Sedimente und biotisches Material (lebende Pflanzenteile und Totholz) auch von etablierten Inseln wieder umgelagert.

Nach vorliegenden Untersuchungen werden die grünen Inseln des Tagliamentos maximal 25 Jahre alt, bis sie der Erosion des Flusses wieder zum Opfer fallen und nun ihrerseits für den nachhaltigen Geschiebe- und Totholznachschub sorgen (Kollmann et al. 1999). Mit dem umgelagerten



Abb. 7 Weichholz-Auenwald südlich von Amaro mit grossen Mengen an Schwemmgut, Totholz und Genisten. Ein bildhaftes Beispiel, wie der intakte Auenwald die Kraft des Hochwassers reduzieren kann (Juni 2019).  
Foto: A. von Hessberg



Material entstehen weiter flussabwärts die nächsten Inseln. Die hohe Störungsdynamik des Flusses sorgt für eine hohe und ebenfalls dynamische Struktur- und Artenvielfalt. Die unterschiedlichen Störungsregime des Flusssystemes verursachen letztendlich ein sehr heterogenes Landschaftsmosaik des steten Entstehens und Vergehens von Strukturen, Habitaten und Artenzusammensetzungen.

### 3 Hochwasserschutz: stete Gefährdungen und Begehrlichkeiten

Warum die Unterschützstellung der dynamischen Furkationszone des Tagliamento bisher nicht in einem nennenswert höheren Prozentsatz (bisher 14 % als FFH-Gebiet; *Maiorano et al. 2007*) geschehen ist, liegt an den früheren Plänen der Regionalregierung in Udine, im Mittellauf oberhalb von Spilimbergo ein riesiges Retentionsbecken für die Hochwässer zu bauen (☉<sub>3</sub>). Zwar ist dieses Projekt nach massivem regionalem und internationalem Protest und nach dem Wechsel der Regierung wieder in den Schubladen verschwunden. Aber die mit einem solchen Retentionsbecken entstehenden Begehrlichkeiten auf neue Landwirtschaftsflächen (ehemaliger Auenwald) und riesige Kies- und Sandmengen (Bauindustrie) lassen befürchten, dass solche Pläne eines Tages wieder herausgeholt werden. Ein Retentionsbecken würde die natürliche Abfluss- und Geschiebedynamik so stark verändern, dass massive negative Folgen für die Flussökologie das Resultat wären. Die Hochwässer würden statt in die Auen in ein Betonbecken laufen – samt des mitgeschleppten Sedimentes und der Tothholzmengen. Die dynamische und umgestaltende Kraft der Wassermenge, aber auch die Geschiebe- und Tothholzmenge fehlt dann in der rezenten Umlagerungsaue und in dem dortigen ökologischen Gefüge. Das im Retentionsbecken sedimentierte Material würde dann nicht lebensraumerhaltend dem Flussökosystem zurückgegeben, sondern lukrativ verkauft werden.

### 4 Fazit

Der Hochwasserschutz ist nach verheerenden Hochwässern in ganz Norditalien im November 1966 an vielen Flüssen ausgebaut worden, so auch am Tagliamento. Allerdings war hier die enorme Dynamik des Flusssystemes stets auch ein Hindernis dafür, Hochwasserschutzdämme allzu nah an den Fluss heranzubauen. Die teilweise mehrere hundert Meter abseits liegenden Dämme haben glücklicherweise dazu geführt, dass grosse Teile der vorhandenen Weichholzaue erhalten blieben, dafür die ehemaligen Gebiete der Hartholzaue, nunmehr hinter den Dämmen liegend, weitestgehend an die Landwirtschaft verloren gingen.

Entlang des Tagliamento gibt es eine grosse Diskrepanz in der Bevölkerung bezüglich der Denkweise, wie mit dem Hochwasserschutz verfahren werden soll. Im Unterlauf, speziell in der Stadt Latisana, wo 1966 die meisten Todesopfer zu beklagen waren, macht man sich traditionell stark für einen technischen Hochwasserschutz und grosse Retentionsbecken im Oberlauf. Dagegen sind im Oberlauf die Menschen eher stolz auf ihren “wilden” Fluss und das ursprüngliche Aussehen der Flusslandschaft. Sie bevorzugen funktionierende Auenwälder, breite Kiesflächen und eine fließende Retention bei den Hochwässern.

Zu hoffen ist, dass es in Zukunft sowohl einen angemessenen guten Schutz der im Unterlauf oft sehr nahe am Tagliamento wohnenden Bevölkerung als auch einen international abgesicherten Schutz der einzigartigen Ökologie des Flusssystemes geben wird.

## Literatur

- Gurnell A.M., Petts G.E., Hannah D.M., Smith B.P.G., Edwards P.J., Kollmann J., Ward J.V. & Tockner K. 2000. Wood storage within the active zone of a large European gravel-bed river; *Geomorphology* 34: 55–72.
- Kollmann J., Viele M., Edwards P.J., Tockner K. & Ward J.V. 1999. Interactions between vegetation development and island formation in the Alpine river Tagliamento. *Applied Vegetation Science* 2: 25–36.
- Kretschmer W. 1995. Hydrobiologische Untersuchungen am Tagliamento. In: Smettan H. (Hrsg.): *Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt*. Stuttgart, 87–108.
- Kuhn K. 1995. Beobachtungen zu einigen Tiergruppen am Tagliamento. In: Smettan H. (Hrsg.): *Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt*. Stuttgart, 71–86.
- Kuhn K. 2005. Die Kiesbänke des Tagliamento (Friaul, Italien) – ein Lebensraum für Spezialisten im Tierreich. In: Smettan H. (Hrsg.): *Rettet den Tagliamento*. Verein zum Schutz der Bergwelt. München, 37–44.
- Lippert W., Müller N., Rossel S., Schauer T. & Vetter G. 1995. Der Tagliamento – Flussmorphologie und Auenvegetation der grössten Wildflusslandschaft der Alpen. In: Smettan H. (Hrsg.): *Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt*. Stuttgart, 11–70.
- Maiorano L., Falcucci A., Garton E.O. & Boitani L. 2007. Contribution of the Natura 2000 network to biodiversity conservation in Italy. *Conservation Biology* 21: 1433–1444.
- Müller N. 2005. Die herausragende Stellung des Tagliamento (Friaul, Italien) im Europäischen Schutzgebietssystem NATURA 2000. In: Smettan H. (Hrsg.): *Rettet den Tagliamento*. Verein zum Schutz der Bergwelt. München, 19–35.
- Tockner K., Surian N. & Toniutti N. 2005. Geomorphologie, Ökologie und nachhaltiges Management einer Wildflusslandschaft am Beispiel des Fiume Tagliamento (Friaul, Italien) – ein Modellökosystem für den Alpenraum und ein Testfall für die EU-Wasserrahmenrichtlinie. In: Smettan H. (Hrsg.): *Rettet den Tagliamento*. Verein zum Schutz der Bergwelt. München, 3–17.
- Ward J.V., Tockner K., Edwards P.J., Kollmann J., Bretschko G., Gurnell A.M., Petts G.E. & Rossaro B. 1999. A Reference River System For The Alps: The 'Fiume Tagliamento'. *Regul. Rivers: Res. Mgmt.* 15: 63–75.

## Internetquellen

- 1 <http://natura2000.eea.europa.eu/#>
- 2 <https://de.climate-data.org/europa/italien/friaul-julisch-venetien-434/>
- 3 [www.scinexx.de/news/geowissen/letzte-grosse-wildflusslandschaft-europas-in-gefahr/](http://www.scinexx.de/news/geowissen/letzte-grosse-wildflusslandschaft-europas-in-gefahr/)