

Beurteilung des Gefährdungspotentials von Bächen

Andreas Steiger, Heinz Willi Weiss

Sowohl aufgrund der Anforderungen des Naturschutzes als auch aus finanziellen Gründen sind heutige Wasserbaumaassnahmen auf das notwendige Minimum zu beschränken und effizient zu gestalten. Ein gezielter Mitteleinsatz kann jedoch nur in Kenntnis der aktuellen und der zu erwartenden Gefährdung von Siedlungsgebieten oder Infrastrukturanlagen durch die jeweiligen Gewässer erfolgen. Zur Beurteilung der Folgen einer Renaturierung von Seitenbächen der Sihl wurde eine Methodik entwickelt, welche die anschauliche Darstellung der Gefährdung aufgrund von Grundlagenauswertungen sowie Feldbegehungen durch ein qualifiziertes Team ermöglicht. Mit der dargestellten Methode wird die aussagekräftige Beurteilung von Bächen mit einem beschränkten Aufwand möglich.

Projekt «Naturlandschaft Sihlwald»

Mit dem Projekt «Naturlandschaft Sihlwald» bezweckt die Stadt Zürich, das einst durch die Forstwirtschaft intensiv genutzte Gebiet des Sihlwaldes, den Stadtwald der Stadt Zürich, möglichst weitgehend in einen ursprünglichen, natürlichen Zustand zurückzuführen. In Zukunft werden in dieser Landschaft also dynamische Prozesse ablaufen, welche aus Nutzungsüberlegungen bis anhin unterbunden oder zumindest kanalisiert wurden. Da trotz allem die Sicherheitsinteressen der Gesellschaft, das heisst der Hochwasserschutz von Siedlungen, Verkehrswegen und weiteren Infrastrukturen, grundsätzlich gewährleistet sein sollen, war zu prüfen, inwiefern sich die Gefährdungssituation infolge der geplanten Renaturierung verändern würde. Nachdem die Gefährdungspotentiale der Sihl im Zusammenhang mit dem Gesamtprojekt «Naturlandschaft Sihlwald» bereits früher untersucht worden waren [1], bestand das Bedürfnis nach vertieften Kenntnissen



Bild 1. Areal Stadtwald Sihlwald mit Tommenbach und Eichbach; Ausschnitt aus der Landeskarte 1:100 000 (reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie, 7. Juli 1993).

über die Situation bei den Seitenbächen. Entsprechende Erkenntnisse sollten als Grundlage für ein Konzept für den künftigen Bachunterhalt zur Verfügung stehen.

Beurteilungsmethodik

Im Gegensatz zu einem Flusslauf wie der Sihl, fehlen für Seitenbäche meist weitgehend die für eine Risikoanalyse erforderlichen Datengrundlagen. Dennoch sollte mit einem akzeptablen personellen und finanziellen Aufwand eine zuverlässige Beurteilung über deren Gefährdungspotential ermöglicht werden. Anhand von zwei Seitenbächen der Sihl, des Tommenbaches und des Eichbaches, wurde deshalb eine Methodik entwickelt, welche eine zuverlässige Ermittlung und eine anschauliche Darstellung des Gefährdungspotentials sowie dessen Veränderung infolge der Renaturierung ermöglicht [2].

Im Zentrum der entwickelten Methodik stehen die Erarbeitung der massgebenden hydrologischen Randbedingungen, die Felddaufnahme sowie die anschliessende Auswertung und Schlussdarstellung. Aufgrund des Übersichtsplanes 1:10 000 werden in einer ersten Phase die hydrologischen Parameter wie Einzugsgebiet und Gefälle erhoben sowie die Extremabflussmenge abgeschätzt. Im Hinblick auf den Geschiebehalt werden die geologisch/geotechnischen Grundlagen detailliert aufbereitet.

Feldbegehung als Kernelement

Die Merkmale des Bachlaufes – Form des Bettes, Höhe der seitlichen, vegetationslosen Anrissflächen, Material (Fels, Lockergestein usw.) in Sohle und Einschnitt sowie Verbauungsgrad – werden anlässlich der Felddaufnahmen abschnittsweise festgehalten. Ebenfalls werden singuläre Elemente wie Durchlässe, Brücken, Furten, Geschiebe- und Wasserrückhalteräume während der Begehung aufgenommen. Die vor Ort festgehaltenen Informationen bilden das Kernelement für die anschliessende Beurteilung. Eine Vorselektion dieser Informationen soll verhindern, dass die Beurteilung in einer Flut von Informationen zu ertrinken droht. Während der Felddaufnahmen muss daher laufend eine intensive und kritische Auseinandersetzung mit den beobachteten und den vorgängig ermittelten Informationen, insbesondere der Abflussmenge, erfolgen. Die verlässliche Bearbeitung kann gerade in dieser Arbeitsphase nur aufgrund ausreichender Erfahrung gewährleistet werden. Voraussetzung für die korrekte und erfolgreiche Durchführung der Felddaufnahmen ist daher ein eingespieltes und fachlich qualifiziertes Team.

Das Gefährdungspotential wird durch die abschnittsweise Gegenüberstellung der hydrologischen, hydraulischen und geologisch/geotechnischen Gegebenheiten beurteilt. Grundsätzlich unterschieden werden Gefahren wie Geschiebeherde, Rutschungen und Überschwemmungsbereiche sowie Faktoren der Gefahrenminderung in Form von Retentionsbereichen für Wasser und Geschiebe. Für die Darstellung in einem Übersichtsplan werden spezifische Signaturen verwendet, wobei Gefahren ohne Rahmen, Gefahrenminderungen mit Rahmen dargestellt werden. In der Originaldarstellung werden Gefahren und Gefahrenminderungen zusätzlich farblich unterschieden, wodurch eine anschauliche Gesamtdarstellung der Gefährdungssituation erreicht wird.

Veränderungen des Gefährdungspotentials

Die Auswirkungen einer Renaturierung auf das Gefährdungspotential werden ausgehend vom heutigen Gefähr-

	Bestehend	Zusätzlich bei vollständiger Renaturierung
Gefahren:		
Geschiebeherd	○	⊗
Rutschung	↓	⬇
Überschwemmung	∇	∇
Gefahrenminderung:		
Wasser(-Retention)	⊖	⊖
Geschiebe(-Retention)	○	⊗

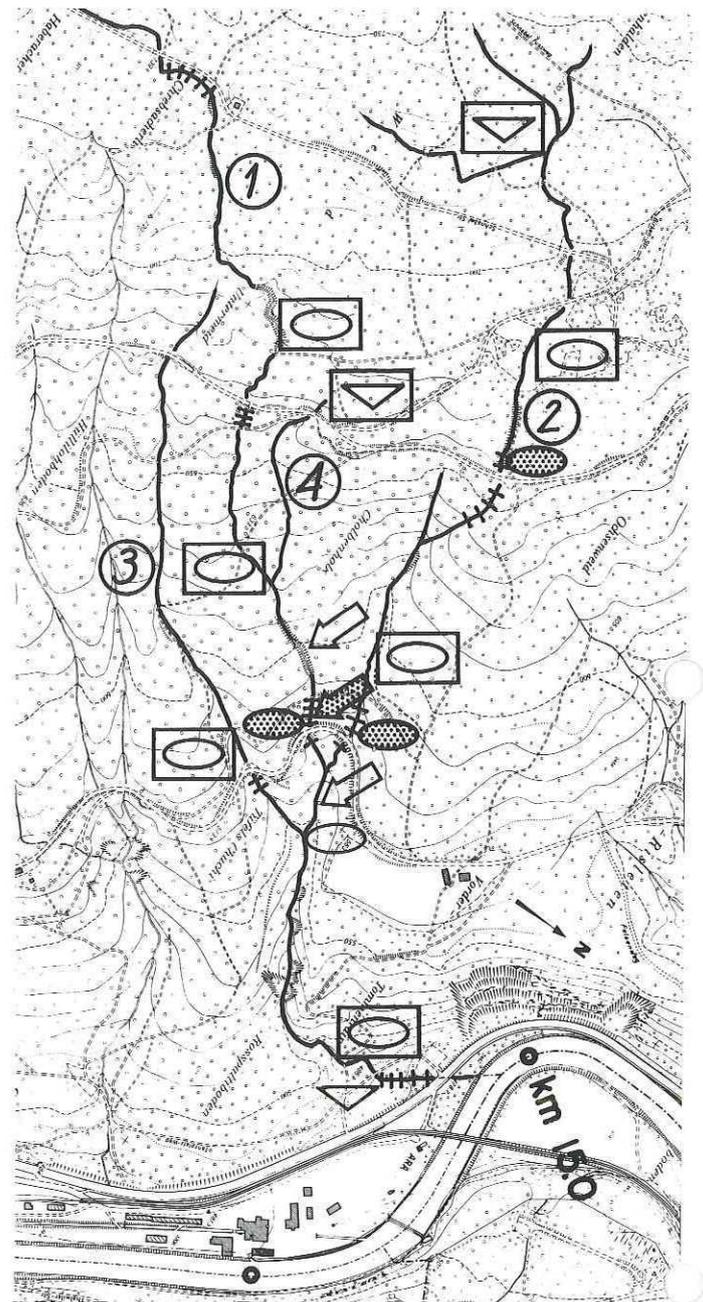
Bild 2. Symbolerläuterung.

dungspotential ermittelt. Anlässlich der Feldbegehung werden unter Berücksichtigung der hydrologischen und der geologisch/geotechnischen Situation die möglichen lokalen Veränderungen in den einzelnen Bachabschnitten abgeschätzt. Dabei begrenzt man sich auf die wesentlichen Gefahrenherde beziehungsweise gefahrenmindernden Elemente. Aufgrund dieser geschätzten Veränderungen lässt sich die Gefährdungsveränderung für einen zukünftigen im Vergleich zum heutigen Zustand ermitteln und darstellen. Die Veränderungen werden mit Signaturen kartographisch umgesetzt, die mit Punktraster ausgefüllt sind (Bild 2).

Günstige geologische Verhältnisse im Sihltal

Einige Beobachtungen und Überlegungen zur Geologie und Geomorphologie des Sihltals führen zum Schluss, dass die Gefährdungspotentiale der Seitenbäche im Sihltal nicht mit jenen geschiebeführender Bäche der Voralpen vergleichbar sind. Den Untergrund des Sihltals bilden Gesteine der Oberen Süsswassermolasse, die mit einer unterschiedlich mächtigen Moränenschicht überdeckt sind. Die untersuchten Seitenbäche, Tommenbach und Eichbach, erodieren sowohl die Moränendecke wie die Molasseschicht. Das Moränenmaterial weist einen hohen Feinkornanteil auf. Aufgrund der Vorbelastung ist ihm zudem eine hohe scheinbare Kohäsion eigen. Diese Eigenschaften sind die Ursache, dass Einschnitte in der Moränenüberdeckung nur beschränkt als gefährliche Geschiebeherde zu betrachten sind, wird doch erodiertes Moränenmaterial grösstenteils in Suspension und nicht als Geschiebe transportiert. Aufgrund der Kohäsion sind Moränen zudem, im Gegensatz zum geschiebeträchtigen Gehängeschutt bei den Wildbächen der Voralpen, sehr stabil und bleiben als steile Anrisse stehen. Auch eine plötzliche – murgangartige – Mobilisierung grösserer Moränenmassen ist wenig wahrscheinlich, da die niedrige Durchlässigkeit eine rasche Durchnässung verhindert.

Bezüglich des Gefährdungspotentials weisen auch die Molassegesteine des Untersuchungsgebietes günstige Eigenschaften auf. Zu finden sind in erster Linie Mergel, Silt- und Sandsteine. In verschiedenen Abschnitten der Seitenbäche können diese während eines Extremereignisses zwar durchaus erodiert werden, während eines einzelnen Hochwassers kann die Erosion allerdings nur sehr begrenzte Ausmasse annehmen. Zudem sind diese



⚡ = Gerinneverbauung

○ = Arm Nr.

Bild 3. Gefährdungspotential Tommenbach (Ausschnitt Übersichtsplan 1:10 000).

Gesteine sehr verwitterungsanfällig und zerfallen rasch in ihre Bestandteile, die dann im Wasser in Suspension transportiert werden. Nagelfluh- oder Kalksteinbänke, die zu Geschiebeansammlungen im Bachbett führen könnten, sind im Untersuchungsgebiet hingegen nur vereinzelt vorhanden. Es kann somit ausgeschlossen werden, dass bei einem Extremereignis Geschiebeansammlungen aus dem Molassegestein unvermittelt mobilisiert werden können.

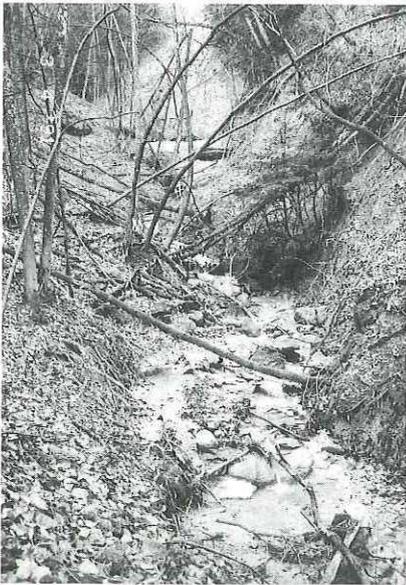


Bild 4, links. Gerinne des Tommenbaches. Die Sohle besteht hier grösstenteils aus Molassegesteinen.



Bild 5, rechts. Zerfallende Holzsperrern am Tommenbach im Bereich einer Waldstrasse.

Die geologisch/geotechnischen Überlegungen werden durch die Situation im Gelände bestätigt. Die untersuchten Bäche weisen im Unterlauf zwar relativ flache Abschnitte auf, doch sind weder in diesen flachen Bereichen noch im Mündungsbereich in die Sihl Auflandungsercheinungen erkennbar, wie sie für geschiebeführende Bäche in den Voralpen typisch sind.

Keine Probleme mit reduzierter Holznutzung

In der Vergangenheit war der Sihlwald einer extremen Holznutzung ausgesetzt. Das Brennholz wurde während mehrerer Jahrhunderte nach dem Kahlschlagverfahren gewonnen, wodurch sich die lokalen Abflussverhältnisse mehrmals und drastisch verändert haben. Aufgrund der heute praktisch lückenlosen Bewaldung in den Einzugsgebieten mancher Seitenbäche erreichen die Abflussspitzen generell niedrigere Werte als zu früheren Zeiten.

Mit dem Projekt «Naturlandschaft Sihlwald» wird beabsichtigt, die Waldnutzung schrittweise aufzugeben. Inwiefern sich ein dadurch erhöhter Geschwemmselanfall durch Fallholz, abrutschende Bäume usw. auf die Gefährdungssituation im Bereich der Seitenbäche auswirken könnte, muss aufgrund der heutigen Verhältnisse beantwortet werden. Anlässlich der Begehungen konnte festgestellt werden, dass im Untersuchungsgebiet bereits heute ausreichend Geschwemmsel vorhanden ist, um bei einem Extremereignis im Gerinne lokale und temporäre Verklauungen zu verursachen. Es ist aber auch zu berücksichtigen, dass die Flachstrecken im Unterlauf der Bäche diesbezüglich eine entschärfende Wirkung haben. Allfällige Flutwellen werden dort gebrochen, Geschwemmsel- und Geschiebestöße abgelagert, so dass die Gefährdung, zum Beispiel für die Verkehrsträger oder die Sihl, letztlich entscheidend reduziert wird.

Das Gefährdungspotential des Tommenbaches

Der Tommenbach entwässert im nördlichen Teil des Sihlwaldes ein Einzugsgebiet von rund 1,2 km². Eine konservative Schätzung der Abflussmenge bei einem Extremereignis ergibt 15 m³/s. Kurz vor seiner Mündung unterquert der Tommenbach die Sihlthalstrasse. Aufgrund des deutlich reduzierten Gefälles auf den 300 untersten Metern des Bachlaufes wird die Geschiebetransportkapazität zur Sihl deutlich vermindert. Eine Verbauung mit Querschwellen dient heute in diesem Bereich als Geschiebesammler.

Anlässlich der Feldaufnahmen konnten einzelne Geschiebeherde und Rutschungen als aktuelle Gefährdungspotentiale des Tommenbaches festgestellt werden (Bild 3). Die Rutschung am Zusammenfluss des Seitenbaches Nr. 3 mit dem Hauptarm verursacht bereits heute Unterhaltsprobleme an der Sihlwaldstrasse. Bei einem Extremereignis ist zudem die Sihlthalstrasse durch Überschwemmung gefährdet. Dies weil einerseits der Durchlass unter der Sihlthalstrasse nur eine begrenzte Abflussmenge aufnehmen kann, andererseits der Tommenbach bei einem Extremereignis beim markanten Knick rund 250 Meter oberhalb der Mündung verstopfen und über die Ufer treten dürfte. Während eines solchen Ereignisses dürfte allerdings nur eine sehr beschränkte Geschiebemenge zur Sihlthalstrasse transportiert werden.



Bild 6. Natürlicher Geschiebeablagerungsraum am Hauptarm des Tommenbaches.



Bild 7. Walderschliessungsstrasse mit grösserem Längsgefälle nach dem 23. Juni 1993. Rechts oben ist ein Auflandungsdelta erkennbar, links ein Erosionstrichter im Strassenkörper mit neuem Bachgerinne.

Folgen der Renaturierung

Mit der vollständigen Renaturierung des Sihlwaldes dürften sich an verschiedenen Stellen des Tommenbaches zusätzliche Geschiebeherde entwickeln. Veränderungen ergeben sich in erster Linie dort, wo der Bachlauf heute durch Sperren gesichert ist, welche bei fehlendem Unterhalt zusammenfallen werden. Ein Grossteil der Sperren wurde einst erbaut, um die der Bewirtschaftung dienenden Waldstrassen zu sichern. Mit dem Verzicht auf eine zukünftige Nutzung des Sihlwaldes wird die Bedeutung der Waldstrassen stark reduziert, so dass eine temporäre Überflutung beziehungsweise Schäden an den Strassen in Kauf genommen werden können. Die Gefährdung für die Sihlstrasse sowie für den Vorfluter, die Sihl, ändert sich andererseits durch die vollständige Renaturierung nicht massgeblich. Grundsätzlich drängen sich deshalb beim Tommenbach keine Massnahmen zur Reduktion des Gefährdungspotentials auf. Allenfalls kann durch die Umgestaltung des Durchlasses unter der Sihltalstrasse sowie Massnahmen auf den letzten 250 Metern des Bachlaufes die bereits bestehende Überschwemmungsgefahr für die Sihltalstrasse verkleinert werden.

Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Das Gefährdungspotential der Seitenbäche der Sihl kann dank der vorgestellten Methodik mit einem angemessenen Aufwand erhoben werden. Diese erlaubt es, vorhandene Gefahrenherde sowie gefahrenmindernde Faktoren zu erkennen und in übersichtlicher und anschaulicher Weise darzustellen, so dass über allfällig zu ergreifende Massnahmen entschieden werden kann. Voraussetzungen für zuverlässige Ergebnisse sind die systematische Aufbereitung bestehender Unterlagen sowie eine Feldbegehung durch ein erfahrenes und qualifiziertes Team. Überlegungen zu den geologisch/geotechnischen Verhältnissen führen zum Schluss, dass die Seitenbäche des Sihltals bezüglich ihres Gefährdungspotentials nicht mit den geschiebeträchtigen Bächen der Voralpen verglichen werden können. Entsprechend wirft die Geschiebeführung im Falle eines Extremereignisses weniger Probleme auf. Die hier besprochene Methodik kann für die Beurteilung verschiedenartiger Bäche eingesetzt werden. Mit begrenztem Aufwand können damit wichtige Entscheidungsgrundlagen für Erhaltungs- und neue Verbauungsmassnahmen gewonnen werden.

Nachtrag

Bestätigung durch aktuelle Ereignisse

Im Gebiet zwischen Langnau a. A. und Sihlbrugg entlud sich am Mittwoch, dem 23. Juni 1993, ein heftiges Gewitter, wobei das Kerngebiet des Sihlwaldes besonders stark betroffen war. Die hohe Niederschlagsintensität sowie die bereits herrschende Durchnässung führten in den Seitenbächen der Sihl zu extremen Abflussmengen. Verschiedene Durchlässe der Waldstrassen wurden vollständig verstopft. Das anfallende Kies, Geröll und Geschwemmel füllten die offenen Räume hangaufwärts der Durchlässe, so dass die Strassendammkörper breitseitig überströmt wurden. Trotz einzelnen Anrissen ereigneten sich jedoch keine Damnbrüche. Hingegen wurden einige Waldstrassen mit starkem Längsgefälle über grössere Strecken tief erodiert. Auch die Sihltalstrasse wurde in Mitleidenschaft gezogen. Während es auf der Strasse zu keinen nennenswerten Unterbrüchen des Verkehrsflusses kam, wurde das Trasse der Sihltalbahn an zwei Stellen derart intensiv überströmt, dass der Bahnverkehr für mehrere Wochen eingestellt bleiben musste.

Eine erste Grobbeurteilung zeigt, dass mit dem Hochwasser vom 23. Juni 1993 Verstopfungen der Durchlässe etwa in jenem Masse eingetreten sind, wie dies aufgrund der Beurteilung des Gefährdungspotentials [2] zu erwarten war. Es ereigneten sich auch zahlreiche grössere und kleine Hangrutsche, jedoch ohne dass diese ein untolerierbares Ausmass angenommen hätten. Einzelne baufällige Bachsperren wurden weggeschwemmt und das dahinterliegende Geröll und Geschiebe mobilisiert. Wie vorhergesagt, wirkten die Flachstrecken als natürliche Geschieberückhalteräume. Entsprechend blieben die bis zur Sihl transportierten Geschiebemengen bescheiden. Eine Ausnahme stellt die Mündung des Eichbaches dar. Dort wurde die Sohle der untersten Steilstrecke über etwa 100 Meter teilweise metertief wegerodiert und der Durchlass der Sihltalbahn verstopft. In der Sihl selbst bereitete das angeschwemmte Material keine Probleme.

Zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses sind die Arbeiten für eine umfassende Bestandaufnahme des Ereignisses angelaufen. Diese Abklärungen dürften auch vertiefte Erkenntnisse zur Weiterentwicklung der dargestellten Methodik liefern.

Literatur

- [1] Basler & Hofmann (1988): Naturlandschaft Sihlwald, Teilprojekt «Wasserbau und Sicherheit», Hg. Stadtforstamt Zürich.
- [2] Basler & Hofmann und *Andreas Steiger* (1992): Naturlandschaft Sihlwald, Seitenbäche Gefährdungspotential, Hg. Stadtforstamt Zürich, Amt für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich.

Anschriften der Verfasser: *Andreas Steiger*, dipl. Ing. ETH, Beratende Ingenieure, Pilatusstrasse 30, 6003 Luzern; Dr. *Heinz Willi Weiss*, Basler & Hofmann, Ingenieure und Planer AG, Forchstrasse 395, 8029 Zürich.

Textbearbeitung: *Urs Steiger*, dipl. nat. ETH, Wissenschaftsjournalist, Schiltmattstrasse 11, CH-6048 Horw.