

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Giovanoli, Luciano; Bühlmann, Marius; Vonwiller, Lukas Geschiebehaushaltsstudie zur Sanierung der Wasserkraft

VAW Mitteilungen

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:
ETH Zürich, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW)

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/108397>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Giovanoli, Luciano; Bühlmann, Marius; Vonwiller, Lukas (2021): Geschiebehaushaltsstudie zur Sanierung der Wasserkraft. In: Boes, Robert (Hg.): Wasserbau-Symposium 2021. Wasserbau in Zeiten von Energiewende, Gewässerschutz und Klimawandel. Band 1. VAW Mitteilungen 262. Zürich: ETH Zürich, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie. S. 129-136.

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.

Verwertungsrechte: CC BY 4.0



Geschiebehaushaltsstudie zur Sanierung der Wasserkraft

Bed load balance study for remediation of hydropower

Luciano Giovanoli, Marius Bühlmann, Lukas Vonwiller

Kurzfassung

Die revidierte Gewässerschutzgesetzgebung verlangt die Reduktion der negativen Auswirkungen der Wasserkraftnutzung auf den Geschiebehaushalt. Für den Krebsbach in Wollerau im Kanton Schwyz wurde eine Studie mit dem Ziel verfasst, die Sanierungspflicht der Anlagen zu bestimmen und die Art und den Umfang der Massnahmen festzulegen.

Für die Beurteilung des Geschiebehaushalts wurden jeweils Transportdiagramme für den Ist- und Referenzzustand erstellt. Dabei wurde die Geschiebefracht unter Gleichgewichtsbedingung und unter Berücksichtigung einer mittleren jährlichen Abflussdauerkurve bestimmt. Basierend auf dem Transportdiagramm für den Ist-Zustand liessen sich Gewässerabschnitte identifizieren, in welchen die Geschiebedurchgängigkeit wesentlich beeinträchtigt ist. Für die relevanten Anlagen, welche die Geschiebekontinuität unterbrechen, wurden Sanierungsziele abgeleitet. Es hat sich gezeigt, dass insbesondere zwei Anlagen den Geschiebehaushalt massgeblich beeinträchtigen.

Mit den gewonnenen Ergebnissen wurden bauliche und betriebliche Massnahmen auf ihre Machbarkeit hin überprüft und ausgearbeitet. Anhand einer Kosten-Wirkungs-Analyse wurden diese verglichen und bewertet. Ein zentrales Kriterium stellte dabei die Gewährleistung der Hochwassersicherheit dar. In der Studie konnte gezeigt werden, dass mit der gewählten Methodik die Wegleitung BAFU (2018) an einem kleinen Gewässer erfolgreich umgesetzt werden kann.

Abstract

The revised Federal Act on the Protection of Waters requires a reduction of negative impacts on bed load balance due to hydropower utilization. The focus of this study is to determine the obligation for remediation of facilities at the Krebsbach River in Wollerau in the Canton of Schwyz and to define the type and scope of measures.

For the assessment of the bed load balance, transport rates were calculated for the current and the reference state based on morphological equilibrium conditions and a mean runoff duration curve. Based on the transport diagrams for the

current state, river sections with significantly impaired bedload continuity could be identified. Remediation targets were derived for the relevant facilities impairing the bed load continuity. In particular, two facilities were found to have a significant impact on the bedload balance.

Based on this, structural and operational measures were examined for feasibility and compared using cost-effect analysis and considering flood safety. The presented study shows a successful example of implementing the FOEN guideline (2018) on a small river with the chosen methodology.

1 Ausgangslage

1.1 Gesetzliche Grundlage

Die 2011 revidierte Gewässerschutzgesetzgebung verlangt die Reduktion der negativen Auswirkungen der Wasserkraftnutzung auf den Geschiebehauhalt. Die Sanierung des Geschiebehauhalts hat zum Ziel, die von Anlagen verursachten wesentlichen Beeinträchtigungen zu beseitigen und eine möglichst naturnahe Gerinneform, naturnahe Kiesablagerungen und ein heterogenes Substrat wiederherzustellen (BAFU, 2018).

Gemäss der strategischen Planung des Bundesamts für Umwelt (BAFU, 2012) hat die Sanierung des Geschiebehauhalts in fünf Phasen zu erfolgen. Im Kanton Schwyz wurde gemäss Amt für Wasserbau Kanton Schwyz (2014) eine kantonale, strategische Planung für die Sanierung des Geschiebehauhalts erarbeitet (Phase 1). Am Krebsbach im Bezirk Höfe (Kanton Schwyz) wurde die HOLINGER AG beauftragt, die Sanierungspflicht sowie die Art und den Umfang der Massnahmen festzulegen (Phase 2). Die Vollzugshilfe BAFU (2018) sieht dazu acht Arbeitsschritte mit einer Situationsanalyse (vertiefte Untersuchung Ist- und Referenzzustand), einer Zieldefinition für das Gewässer und die Anlagen, einer Massnahmendefinition und einem Konzept der Wirkungskontrolle vor.

1.2 Untersuchungsgebiet

Der Krebsbach entwässert ein 8.2 km² umfassendes Einzugsgebiet. Er entspringt beim Hüttnersee im Kanton Zürich und mündet bei Wollerau im Kanton Schwyz in den Zürichsee. Das Gerinne ist bis zu 10% steil. Im Krebsbach und den beiden Hauptzubringern Sihlegg- und Roosbach liegen sechs Anlagen, welche bezüglich Geschiebetransport genauer betrachtet wurden (Abb. 1). Entlang des Krebsbachs und im Mündungsbereich der beiden Hauptzubringer wird im Ist-Zustand Geschiebe entnommen. Im Weiteren ist im Einzugsgebiet ein Hochwasserschutzprojekt in Erarbeitung, welches die Anpassung der Geschiebesammler am Sihlegg- und Roosbach vorsieht (CES AG & Geoterra AG, 2019).

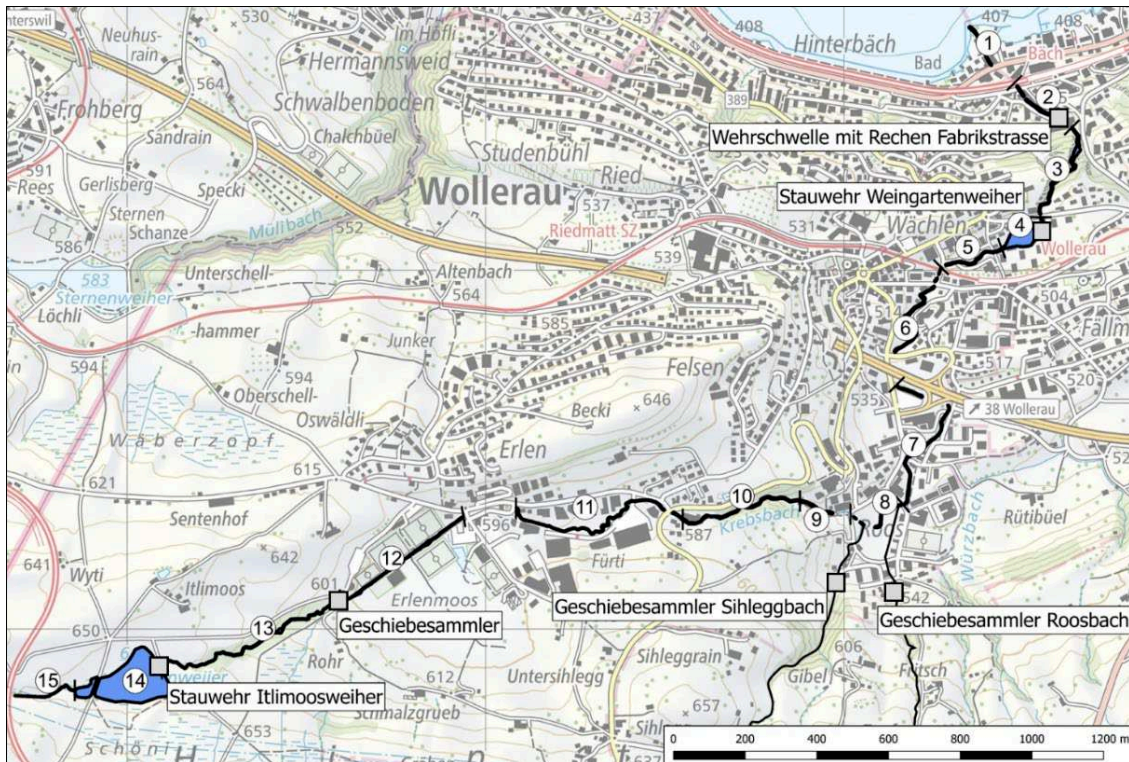


Abb. 1: Übersicht Krebsbach und Hauptzubringer mit charakteristischen Abschnitten (Nummern) und Anlagen (Rechtecke)

1.3 Hydrologie

Aufgrund von fehlenden Abflussmessdaten im Einzugsgebiet des Krebsbachs wurde mittels Gebietsübertragung - basierend auf Abflussdaten vom Nachbareinzugsgebiet (Aabach, Station ZH 589), aus 14 jährlichen Dauerkurven eine mittlere jährliche Abflussdauerkurve abgeleitet. Im Mündungsbereich resultiert ein maximaler Abfluss von $8.2 \text{ m}^3/\text{s}$ und ein mittlerer Jahresabfluss von $0.2 \text{ m}^3/\text{s}$.

2 Ist- und Referenzzustand des Gewässers

2.1 Einteilung Gewässerabschnitte

Entlang des Längsprofils wurde der Krebsbach in 15 charakteristische Flussabschnitte eingeteilt (Abb. 1). Die einzelnen Abschnitte bestehen je nach Fließgewässercharakter und Variabilität der Sohlbreite und des Sohlgefälles aus ein bis drei trapezförmigen Querprofilen mit einem mittleren Sohlgefälle. Daraus ergeben sich insgesamt 24 Querprofile. Die Gefälleverhältnisse im Krebsbach sind geprägt durch eine Abfolge von flachen Abschnitten und drei steilen Schluchtstrecken mit Wildbachcharakter in den Abschnitten 3, 10 und 13 (Abb. 2).



Abb. 2: Links: Flachstrecke im Abschnitt 12; rechts: Steilstrecke Fürtitobel im Abschnitt 10

2.2 Substratanalyse

Die Analyse des Substrats lieferte eine generelle Einschätzung über den Zustand der Geschiebedynamik. Zur Beurteilung des Substrats wurden der Substrattyp mittels Linienzahlanalysen bestimmt und der Kolmationsgrad erfasst. Aufgrund der kurzen Gewässerabschnitte wurden diese Parameter nicht flächendeckend, sondern anhand von einzelnen, repräsentativen Standorten im Gerinne erhoben.

2.3 Hydraulik und Geschiebetransport

Die Hydraulik basiert auf Normalabflussberechnungen in den 24 trapezförmigen Querprofilen. Basierend auf dem charakteristischen Korndurchmesser d_{90} ergibt sich für die Sohle ein Strickler Wert k_{st} von $29 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. Aufgrund der meist homogenen Verhältnisse wurden mit wenigen Ausnahmen (erhöhte Werte für Böschungen am Sihlegg- und Roosbach) dieselben Rauigkeitsbeiwerte für Sohle und Böschung verwendet. Die Geschiebetransportfrachten wurden unter Annahme der Gleichgewichtsbedingungen (stabiles Sohlgefälle) mit der Geschiebetransportformel von Smart und Jaeggi (1983) berechnet. Der Effekt von Formrauigkeiten wurde mit dem Ansatz nach Chiari und Rickenmann (2007) berücksichtigt. Die Geschiebefrachten ergaben sich durch die zeitliche Integration der Geschiebetransportkapazitäten der jeweiligen Querprofile und der ermittelten Abflussdauerkurve (Bezzola, 2012). Für jedes Querprofil wurde die maximale und minimale Geschiebefracht berechnet. Bei der Bestimmung der maximalen Geschiebefracht GF_{max} wurde davon ausgegangen, dass der Geschiebetransport der vollen Transportkapazität entspricht. Die minimale Geschiebefracht GF_{min} hingegen berücksichtigt, dass der Geschiebetransport erst beim Aufbrechen der Deckschicht einsetzt.

2.4 Geschiebetransportdiagramme

Zur Beurteilung des Geschiebehaushalts wurde je ein Transportdiagramm der jährlichen Geschiebefrachten für den Ist- und Referenzzustand erstellt (kombiniert in Abb. 3). Das Transportdiagramm entstand durch die Betrachtung der Geschiebeführung in den charakteristischen Abschnitten/Querprofilen entlang des Gewässers. Seitliche Zubringer wurden als lokale Quelle der Geschiebefracht berücksichtigt (sprunghafter Anstieg im Transportdiagramm). Bei einem Geschieberückhalt wurden die Entnahmemengen der Geschiebefracht entsprechend abgezogen (sprunghafte Abnahme im Transportdiagramm). Die Geschiebezufuhr in den obersten Abschnitt konnte aufgrund von fehlender Geschiebemobilisierung vernachlässigt werden. Das Transportdiagramm wurde mit den zur Verfügung gestellten jährlichen Entnahmemengen in den Anlagen kalibriert.

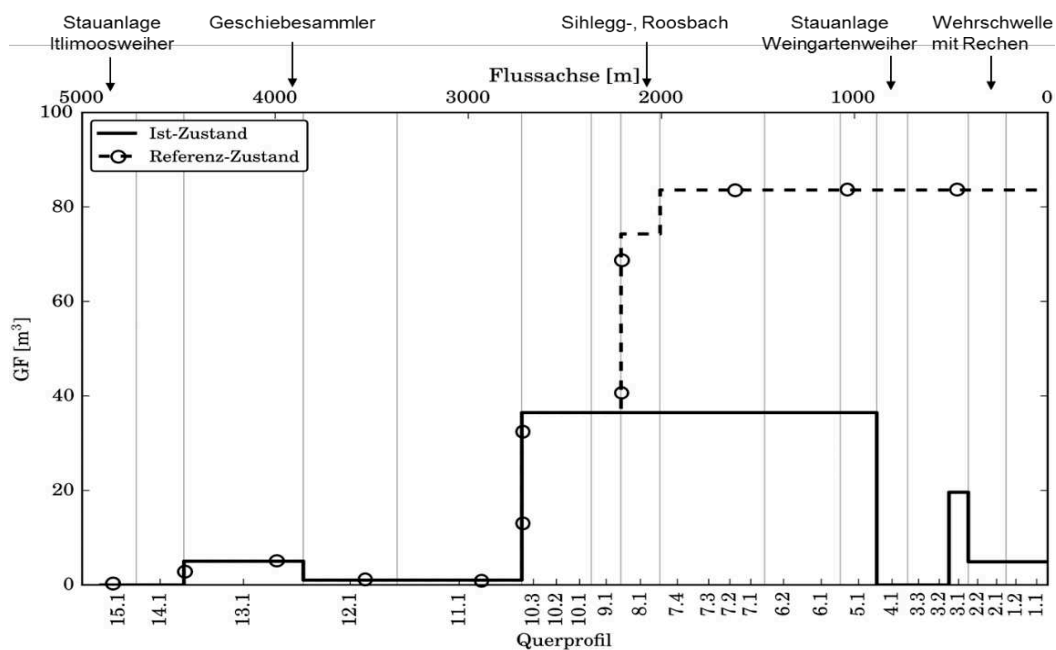


Abb. 3: Kombiniertes Transportdiagramm mit mittlerer jährlicher Geschiebefracht für den Ist- und Referenzzustand

Die Transportdiagramme (Abb. 3) zeigen, dass sich die Abschnitte in Erosionsstrecken, Gleichgewichtsstrecken und Ablagerungsstrecken unterteilen lassen. In den Abschnitten 11 und 12 wird im Ist- und im Referenzzustand kein Geschiebe transportiert. Das im Abschnitt 10 aufgenommene Geschiebe wird bis zum Weingartenweiher (Abschnitt 4) transportiert und dort zurückgehalten. Im Referenzzustand wird es zusammen mit dem Geschiebe der beiden Seitenzubringer (Abschnitt 8) durch den angepassten Weingartenweiher bis in den See transportiert. Der Weiher und die weiter unten im Abschnitt 2 gelegene Wehrschwelle stellen somit ein Hindernis für die Geschiebedurchgängigkeit dar.

3 Ziele

3.1 Ziele für Gewässer

Als übergeordnetes Ziel ist im Gewässerschutzgesetz (2017) definiert, dass die einheimischen Tiere, Pflanzen und deren Lebensräume, der Grundwasserhaushalt sowie der Hochwasserschutz nicht wesentlich beeinträchtigt werden dürfen.

In BAFU (2018) sind fünf Ziele definiert (1. Gerinneform, 2. Kiesablagerungen, 3. Substrat, 4. Grundwasserhaushalt, 5. Hochwasserschutz). Die Ziele für die Gerinneform und Kiesablagerungen wurden nicht verfolgt, da es sich um ein steiles Gerinne mit durchschnittlich mehr als 3% Gefälle handelt (BAFU, 2018). Lediglich in den Abschnitten 12 und 15, wo das Gefälle weniger als 3% beträgt, wurde eine lokale Betrachtung nach da Silva (1991) vorgenommen, welche im Referenzzustand auf eine leicht gewundene Gerinneform mit einer leichten Tendenz zu alternierenden Bänken ergab. Da der Grundwasserhaushalt nicht massgeblich durch den Krebsbach beeinflusst wird, wurde dieses Ziel ebenfalls nicht verfolgt.

Hingegen wurden die Ziele für das Substrat (Steigerung der Geschiebefracht) und den Hochwasserschutz (keine Beeinträchtigung der Hochwassersicherheit durch Massnahmen) verfolgt.

3.2 Sanierungsziele für Anlagen

Entsprechend der Geschiebefracht im Referenzzustand wurde für den Weingartenweiher als Sanierungsziel eine mittlere jährliche Geschiebefracht von 80 m³/Jahr festgelegt (vollständige Geschiebedurchgängigkeit). Auch die weiter unten im Abschnitt 2 gelegene Wehrschwelle mit Rechen stellt ein Hindernis dar. Als Sanierungsziel wurde ebenfalls 80 m³/Jahr festgelegt und somit das vollständige Durchleiten des Geschiebes bis in den Zürichsee. Die Transportkapazität im Mündungsbereich reicht aus, um diese Geschiebemengen zu transportieren.

4 Konzeptstudie Massnahmen

Mit den Ergebnissen wurden für die beiden sanierungsbedürftigen Anlagen bauliche und betriebliche Sanierungsmassnahmen auf Stufe Machbarkeit erarbeitet und bewertet (Tab. 1). Dazu wurde einerseits die Wirkung hinsichtlich der folgenden Kriterien qualitativ beurteilt, wobei diese bei allen Massnahmen annähernd gleich ist, da bei allen eine vollständige Geschiebedurchgängigkeit erreicht wird:

- Beeinträchtigung der Geschiebeführung im Ist-Zustand
- Ökologisches Potenzial mit verbesserter Geschiebeführung
- Beeinträchtigung der Hochwassersicherheit
- Beeinträchtigung der Produktion erneuerbarer Energie

Andererseits wurden die totalen, jährlichen Kosten mittels Erfahrungswerte abgeschätzt. Diese setzen sich aus einmaligen Investitionskosten (Projektierungs-, Bau-, Landerwerbskosten) sowie aus wiederkehrenden Kosten (betriebliche Massnahmen, Unterhalt von Bauwerken, Ertragseinbussen) zusammen.

Tab. 1: Massnahmenkatalog mit Typ (bau = bauliche, betr = betriebliche Massnahmen).

Anlage	Massnahmen	Typ
Stauanlage Weingartenweiher	M1.1: Anpassung Steuerung Wehr	betr
	M1.2: Erstellen Geschiebeumleitgerinne	bau
	M1.3: Geschiebezugabe im Unterwasser	betr
	M1.4: Rückbau der Anlage	bau
Wehrschwelle mit Rechen	M2.1: Umbau Wehrschwelle mit Rechen	bau
	M2.2: Geschiebezugabe im Unterwasser	betr
	M2.3: Rückbau der Anlage	bau

Zur Evaluation der Bestvarianten wurde eine Kosten-Wirkungs-Analyse durchgeführt, welche für die Stauanlage Weingartenweiher aufgrund der sehr geringen Investitionskosten als Bestvariante M1.3 (Geschiebezugabe im Unterwasser) ergab. Bei der Anlage Wehrschwelle mit Rechen hat sich M2.3 (Rückbau der Anlage) als Bestvariante ergeben. Dies bedingt allerdings den Ersatzneubau eines geschiebedurchgängigen Schwemmholzrechens oberhalb im Abschnitt 3 im Rahmen des Hochwasserschutzprojektes.

5 Zusammenfassung

Die in dieser Geschiebehaushaltsstudie zur Sanierung der Wasserkraft verwendete Methodik basiert auf Geschiebetransportberechnungen in charakteristischen Abschnitten unter Berücksichtigung einer mittleren Abflussdauerkurve. Daraus ergeben sich Transportdiagramme der mittleren jährlichen Geschiebefracht für den Ist- und Referenzzustand. Basierend auf den Ergebnissen konnten Sanierungsziele für die sanierungsbedürftigen Anlagen definiert und ein Massnahmenkatalog auf Stufe Machbarkeit erarbeitet werden. Auf Basis einer Kosten-Wirkungs-Analyse konnte für jede Anlage eine Bestvariante evaluiert werden.

Das Fallbeispiel Krebsbach zeigt, dass für kleine Gewässer mit dem gewählten einfachen Verfahren plausible Aussagen bezüglich der Geschiebedurchgängigkeit gemacht werden können. Basierend auf den Ergebnissen lassen sich Sanierungsziele für Anlagen entlang des Fliessgewässers festlegen.

Referenzen

- Amt für Wasserbau Kanton Schwyz (2014). Renaturierung der Gewässer Phase 1 – Strategische Planung, Sanierung Geschiebehauhalt im Einzugsgebiet des Zürichsee (SZ) / Los Nord-Ost, Schlussbericht.
- BAFU (2012). Sanierung Geschiebehauhalt – Strategische Planung: Ein Modul der Vollzugshilfe Renaturierung von Gewässer, Bundesamt für Umwelt (BAFU): Bern.
- BAFU (2018). Geschiebehauhalt – Massnahmen: Ein Modul der Vollzugshilfe Renaturierung von Gewässer, V15, Entwurf, Bundesamt für Umwelt (BAFU): Bern.
- Bezzola, G.R. (2012). Flussbau, Vorlesungsmanuskript, ETH Zürich.
- CES AG und Geoterra AG (2019). Hochwasserschutz Krebsbach, Bauprojekt VORABZUG.
- Chiari, M., Rickenmann, D. (2007). The Influence of Form Roughness on Modelling Sediment Transport at Steep Slopes, International Conference, Erosion and Torrent Control as a Factor in Sustainable River Basin Management, 25-28 September 2007, Belgrade, Serbia.
- da Silva, A.M.A.F. (1991). Alternate Bars and Related Alluvial Processes, Master of Science Thesis, Queen's University: Kingston, Ontario, Canada.
- Gewässerschutzgesetz (2017). Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer vom 24. Januar 1991 (Stand am 1. Januar 2017).
- Smart, G.M., Jäggi, M.N.R. (1983). Sedimenttransport in steilen Gerinnen, VAW-Mitteilungen 64 (D. Vischer), Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zürich.

Adressen der Autoren

Luciano Giovanoli (korrespondierender Autor)

Dr. Marius Bühlmann

HOLINGER AG

CH-4601 Olten, Bahnhofquai 2

luciano.giovanoli@holinger.com

Dr. Lukas Vonwiller

TK CONSULT AG

CH-8005 Zürich, Neugasse 136

lukas.vonwiller@tkconsult.ch