

Konzeptionelle Erfolgskontrolle: Abflussreduktion und Schadstoffrückhalt durch Schwammstadtelemente

Simone Lechthaler¹, David Risi², Philipp Beutler¹

¹ Hunziker Betatech AG, Zürich/Winterthur, Schweiz

² Stadt Luzern, Stadtgrün, Luzern, Schweiz

Kurzfassung: Mit der Umsetzung von Schwammstadtelementen innerhalb der Regenwasserbewirtschaftung zielen Städte darauf ab urbane Räume klimaresilienter zu gestalten. Durch Versickerung und Retention von Regenwasser kann unter anderem die Kanalisation entlastet und Grundwasserneubildung gefördert werden. Für eine quantitative Bewertung der positiven Effekte durch Schwammstadtkonzepte wird an derzeit im Bau befindlichen Elementen in der Stadt Luzern eine Erfolgskontrolle geplant. Anhand von Abflussmessungen soll die Abflussreduktion im Kanal ermittelt sowie in einem zweiten Schritt mit verschiedenen Probenahmen ein möglicher Schadstoffrückhalt untersucht werden. Diese Erfolgskontrolle dient der Überprüfung, ob das umgesetzte Schwammstadtkonzept den erwarteten Anforderungen gerecht wird und soll zukünftig ermöglichen die Wirksamkeit, Nachhaltigkeit und Akzeptanz der Massnahmen zu verbessern und zukünftigen Herausforderungen gerecht zu werden.

Key-Words: Regenwassermanagement, Klimaresilienz, Schwammstadt, Konzept, Effekt

1 Einleitung

Aufgrund der klimatischen Entwicklungen und Herausforderungen wird das Konzept „Schwammstadt“ immer relevanter. Der Einbau von zugehörigen Elementen verspricht verschiedene, positive Auswirkungen. Dazu gehören unter anderem die durch Verdunstung und Versickerung reduzierten Abflüsse in der Kanalisation: Entlastungen in Gewässer werden verringert und durch die Versickerung zusätzlich zur Grundwasserneubildung beigetragen. Der lokale Wasserhaushalt wird gestärkt und damit verbundene Kühlungseffekte sowie ein möglicher Rückhalt von Schadstoffen durch die verschiedenen Schichten der Bodenmatrix bewirkt. (BAFU, ARE 2022).

Neben den klimatischen Entwicklungen wird mit der Zunahme von Schadstoffen im urbanen Raum und deren Transport durch niederschlagsbedingten Oberflächenabtrag

ein räumlich fokussierter Rückhalt und/oder die Behandlung von Regenabwasser vor einer Gewässereinleitung immer wichtiger.

Besonders im Strassenraum anfallender Reifenabrieb, der eine der grössten Quellen von Mikroplastik in der Umwelt darstellt (Kundel et al. 2025), können wegen der zahlreichen, auswaschbaren Additive, die im Reifen enthalten sind, negative Folgen in der Umwelt eintreten. Zu den ökotoxikologisch relevanten Additiven zählen unter anderem Antioxidationsmittel oder Vulkanisierungsbeschleuniger. Aktuelle Forschungsergebnisse zeigen, dass Reifenabrieb durch atmosphärische Deposition, Oberflächenabfluss oder Wasserwiederverwendung in landwirtschaftliche Bereiche gelangt und solche Additive in verschiedenen landwirtschaftlichen Anbauprodukten aufgenommen werden und somit in die Nahrungskette gelangen können (Breider et al. 2025).

Aufgrund der Materialpersistenz des synthetischen Styrol-Butadien-Kautschuks, der Hauptbestandteil in Reifen ist, können sich Schadstoffe an Reifenabriebpartikeln anlagern und über verschiedene Pfade (atmosphärisch, aquatisch, terrestrisch) weiter transportiert werden (Lechthaler et al. 2023). Abbildung 1 gibt eine Übersicht über die Quellen und Transportwege sowie Senken von Mikroplastik in der Umwelt mit einer Fokussierung auf Transportwege und Akkumulationsbereiche von Reifenabrieb. Dabei können schon Bereiche mit geringem Verkehr zu einer hohen Akkumulation von Reifenabrieb und assoziierten Schadstoffen im angrenzenden Boden des Strassenraums führen. Massgeblich für die räumliche Verteilung von Reifenabrieb im Boden ist die Distanz zur Strasse. (Kundel et al. 2025)

Zusätzlich führen extreme Klimaereignisse dazu, dass durch Trockenheit im Boden sowie hohe Niederschlagsmengen die natürlichen Filterprozesse, die im Boden stattfinden, umgangen werden. Dadurch kann einerseits die Grundwasserqualität aufgrund der Akkumulation von Schadstoffen reduziert sowie die Stabilität wegen absinkender Grundwasserspiegel gefährdet werden (Schroeter et al. 2025).

In der Praxis bleibt bisher häufig unklar, wie gut die lokalen Positiveffekte im Schwammstadtkonzept tatsächlich erreicht werden. Erste Untersuchungen zum Schadstoffrückhalt durch Strassenabwasserbehandlungsanlagen (SABA) zeigen eine Reduktion einiger im Reifen enthaltener Additive (Ruff et al. 2025). Im deutschsprachigen Raum gibt es wenige Informationen aus Feldversuchen zur Quantifizierung der Abfluss- oder Schadstoffreduzierung, die durch den Einsatz von Schwammstadtelementen erzielt werden können. An diesem Punkt setzt das laufende «Pilotprojekt Schwammstadt» der Stadt Luzern an.

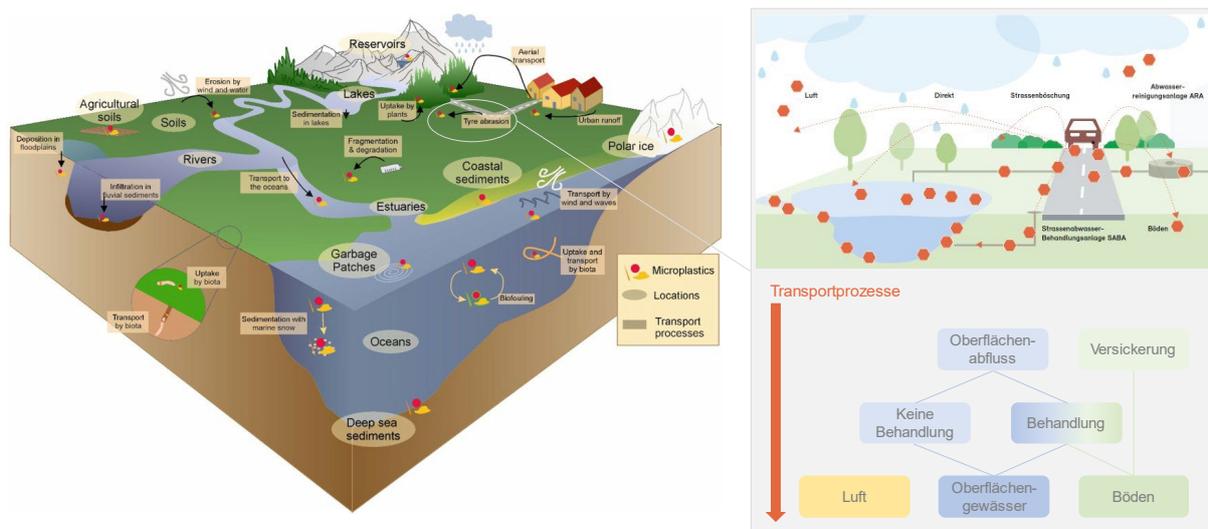


Abbildung 1: Quellen, Transportwege und Senken von Mikroplastik (links: Waldschläger et al. 2020) und Transportwege von Reifenabrieb (rechts, Grafik oben: BAFU 2020).

2 Schwammstadtmonitoring – Das Projekt

Im «Pilotprojekt Schwammstadt», das durch Stadtgrün Luzern innerhalb des Tiefbauamts der Stadt Luzern betreut wird, wurden 2023 an sechs Standorten in Luzern entlang von verschiedenen Strassenabschnitten Schwammstadtelemente konzeptioniert. Dabei wurden sieben verschiedene Bausteine berücksichtigt (OST, ZHAW 2023 inkl. Bildquellen):

-  Parkplätze (Verdunstung, Versickerung, Reinigung, Ableitung)
-  Wege und Plätze (Verdunstung, Versickerung, Ableitung)
-  Strassen (Verdunstung, Versickerung, Ableitung)
-  Adsorber-Rinnen (Reinigung, Ableitung, Versickerung)
-  Mulden (Verdunstung, Rückhaltung, Versickerung, Reinigung)
-  Mulden-Rigolen-Systeme (Verdunstung, Rückhaltung, Versickerung, Reinigung)
-  Baumrigolen (Verdunstung, Rückhaltung, Versickerung)

Um den Mehrwert der Elemente und ihre Effekte zu quantifizieren und mittels Erfolgskontrolle nachweisen zu können, wurden seitens Stadtgrün folgende Ziele für die Schwammstadtelemente definiert:

1. Nachweis der Abflussreduktion
2. Untersuchungen zum Schadstoffrückhalt

2.1 Konzeptionelle Erfolgskontrolle: Abflussreduktion

Für die Ermittlung der Abflüsse vor und nach dem Einbau der Schwammstadtelemente zur Ableitung der Abflussreduktion wurden an den sechs Standorten Begehungen durchgeführt. Anhand der Begehungen wurden die Standorte definiert, die sich aufgrund des Kanalverlaufs und Zugänglichkeit für Messungen eignen. Seit Mai 2024 messen an drei Standorten in der Kanalisation mittels Salzverdünnungsmessung kalibrierte Radarsonden, die von der Firma SH Power eingebaut wurden und betreut werden. Durch die Verschneidung mit Niederschlagsdaten im Einzugsgebiet der zukünftigen Schwammstadtelemente kann der niederschlagsbedingte Abfluss gemessen und berechnet werden.

Mit Baubeginn der Schwammstadtelemente im April 2025 ist für die Fertigstellung ein Jahr Bauzeit vorgesehen. Die Abflussmessungen werden kontinuierlich durchgeführt, auch nach Abschluss der Baumassnahmen, sodass Messwerte für einen Vorher-Nachher-Vergleich zur Verfügung stehen und die Abflussreduktion abgeleitet werden kann. Beispielhaft ist in Abbildung 2 das Messkonzept Abbildung 3 für den Standort M5 zu sehen, wo Mulden und Mulden-Rigolen-Systeme umgesetzt werden. Für die Auswertungen soll ein Abflussvergleich von sowohl möglichst ähnlichen als auch verschiedenen Niederschlagsintensitäten durchgeführt werden. So kann abgeleitet werden, welche Effekte bei welchen Niederschlagsereignissen eingetreten sind und mit welchen Abflussreduktionen zukünftig gerechnet werden kann.

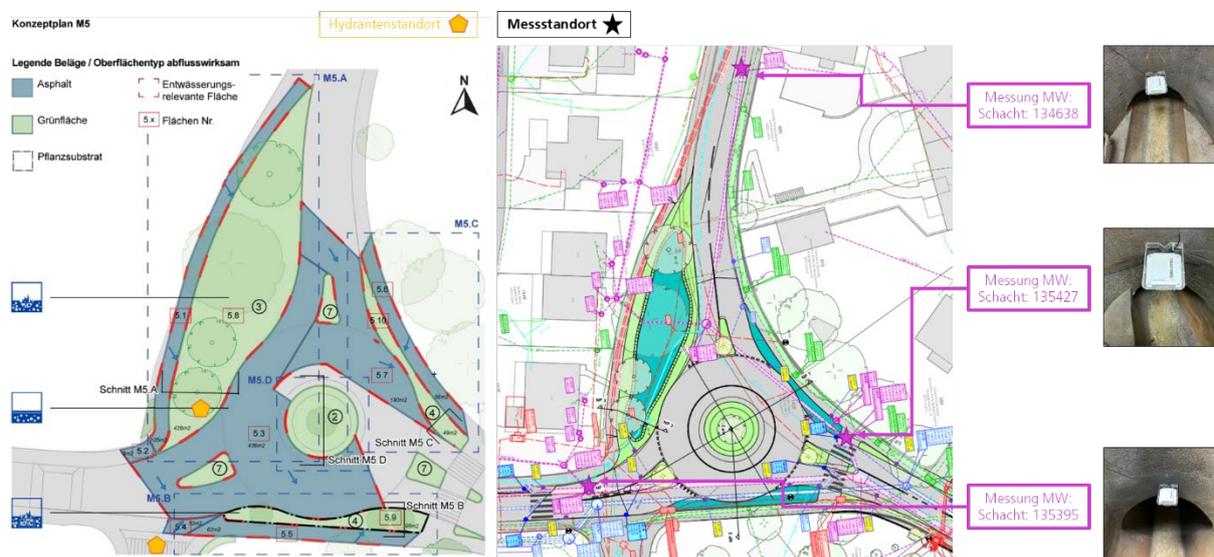


Abbildung 2: Messstandorte an Standort M5 für kontinuierliche Abflussmessungen im Mischabwasserkanal (Quelle Grafiken: OST, ZHAW 2023; Quellen Fotos: SH Power).

2.2 Konzeptionelle Erfolgskontrolle: Schadstoffrückhalt

Für die Erreichung von Ziel 2 ist geplant einen möglichen Schadstoffrückhalt in den Schwammstadtelementen zu untersuchen. Ausgehend vom zeitlichen Nullpunkt, dem

fertigen Einbau der Schwammstadtelemente, sollen diese als Retentionselemente mit Verdunstung funktionieren, sodass Schadstoffe, die im Oberflächenabtrag transportiert werden, eingetragen werden können. Aufgrund des Oberflächenabflusses von Strassen in verschiedene Schwammstadtelemente ist von einer Belastung auszugehen. Mit einer Beprobung der eingebauten Bodenmatrix kann zu Beginn eine mögliche Hintergrundbelastung von Schadstoffen analysiert werden.

Die Untersuchungen der Schadstoffbelastung und des -rückhalts sollen sich auf die als Bodenmatrix eingebauten Materialien sowie das Regenabwasser fokussieren, sodass sowohl partikuläre (Boden) als auch gelöste Schadstoffe (Wasser) betrachtet werden können. Zu analysierende Schadstoffe sind aufgrund der Nähe zum Strassenraum z. B. Schwermetalle und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK). Im Messkonzept ist vorgesehen einen Referenzmarker von Reifenabrieb zusätzlich zu Schwermetallen (Kupfer, Zink) und PAK (EPA16 PAK¹) zu ermitteln. Hierfür ist N,N'-Diphenylguanidin (DPG) als ein Vulkanisierungsbeschleuniger oder das Abbauprodukt N-(1,3-Dimethylbutyl)-N'-phenyl-p-phenylenediamine-Chinon (6PPD-Q) des Antioxidationsmittels angedacht.

Durch die Entnahme und Analyse der Bodenmatrix können mögliche Konzentrationsbereiche identifiziert werden (vgl. Abbildung 3, gelbe Markierung). Unklar bleibt aktuell, ob und in welchem Umfang über einen längeren Betrachtungszeitraum eine (Tiefen-) Infiltration partikulärer und gelöster Schadstoffe stattfinden kann. Mit der Beprobung zur Analyse von gelösten Schadstoffen im Sickerwasser (vgl. Abbildung 3, rote Markierung) soll die Frage zur Infiltration beantwortet werden. Da in Luzern vielerorts hohe Grundwasserstände vorliegen, ist die Bestimmung von Infiltrationstiefe und möglicher Belastung des Sickerwassers von besonderem Interesse. Um Aussagen über den Schadstoffrückhalt in einem Schwammstadtelement treffen zu können, soll zusätzlich auch der Oberflächenabfluss im Zulauf der Elemente untersucht werden. Für die Umsetzung der Wasseranalytik gibt es bereits strategische Planungen zusammen mit der Eawag.

Mit der Bestimmung einer möglichen Schadstoffbelastung und dem Vergleich des Rückhalts im Boden sowie Eintrag ins Sickerwasser kann anschliessend eine grobe Bilanzierung aufgestellt werden.

¹ 16 prioritäre PAK der *United States Environmental Protection Agency* (EPA)

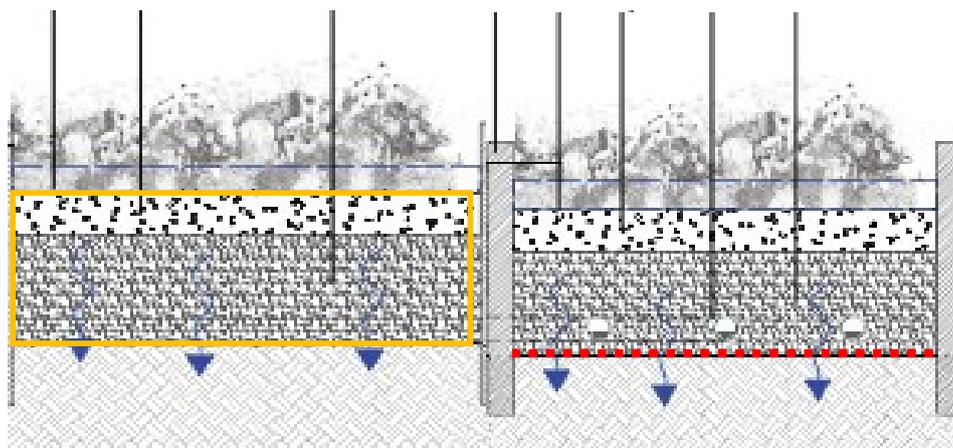


Abbildung 3: Entnahmebereich für Bodenproben (gelb) und Sickerwasserbeprobung im Abfluss von Drainageleitungen eines Tiefbeets (rot) (Quelle Grafiken: OST, ZHAW 2023).

3 Fazit und Ausblick

Das Projekt stellt eine konzeptionelle Erfolgskontrolle von Schwammstadtelementen mittels Feldversuchen dar, um primär Daten zur Abflussreduktion und nach Möglichkeit zum Schadstoffrückhalt zu ermitteln. Anhand dieser Daten kann der zu erwartende Mehrwert von Schwammstadtelementen quantifiziert und bei zukünftigen Planungen konkreter berücksichtigt werden.

Abhängig von der Datenlage können standortspezifische Besonderheiten, wie die Schadstoffbelastung durch das Einzugsgebiet, oder geologische Aspekte, wie hohe Grundwasserstände, gezielt Einfluss auf die Planung und Umsetzung von Schwammstadtelementen nehmen. Durch das «Pilotprojekt Schwammstadt Luzern» sollen somit essenzielle Fragen zu Effekten von Schwammstadtelementen quantitativ beantwortet werden.

4 Literatur

BAFU (2020): Reifenabrieb. In: Kunststoffe in der Umwelt. Faktenblatt Nr. 6. Bundesamt für Umwelt (BAFU). «<https://www.bafu.admin.ch/kunststoffe>».

BAFU, ARE (2022): Regenwasser im Siedlungsraum. Starkniederschlag und Regenwasserbewirtschaftung in der klimaangepassten Siedlungsentwicklung. Bundesamt für Umwelt (BAFU); Bundesamt für Raumentwicklung (ARE). Umwelt-Wissen Nr. 2201:115 S.

Breider, F., Masset, T., Prud'homme, K.; Brüscheweiler, B. (2025): Assessment of tire-derived additives and their metabolites into fruit, root and leafy vegetables and evaluation of dietary intake in Swiss adults. In: Journal of Hazardous Materials 494, S. 138432. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2025.138432.

- Kundel, D., Wiget, A., Fliessbach, A., Bigalke, M., Weber, C. (2025). Tracks of travel: unveiling tire particle concentrations in Swiss cantonal road soils. In: *Microplastics and Nanoplastics* 5 (6). DOI: 10.1186/s43591-025-00112-1.
- Lechthaler, S., Dolny, R., Kong, R., Ip, K., Schmitz, M., Seibold, S., Schiwy, S., Hollert, H., Wintgens, T., Linnemann, V. (2023): Bewertung von Reifenabrieb in Niederschlagabflüssen stark befahrener Strassen. In: *Gewässerschutz – Wasser – Abwasser* 256 (5/1-5/14), Aachen. ISBN: 978-3-938996-62-1.
- OST, ZHAW (2023): Technischer Bericht – Schwammstadt im Bereich Wald- und Obermättlistrasse. Pilotprojekt Schwammstadt. Luzern.
- Ruff, M., Scheiwiler, E., Niggli, A., Ryser, R., Stump, S. (2025): Belastungsdynamik der Gewässer durch Reifenadditive. In: *Aqua und Gas* 7 + 8. Fachverband für Wasser, Gas und Wärme, Zürich.
- Schroeter, S., Orme, A., Lehmann, K., Lehmann, R., Chaudhari, N., Küsel, K., Wang, H., Hildebrandt, A., Totsche, K., Trumbore, S., Gleixner, G. (2025): Hydroclimatic extremes threaten groundwater quality and stability. In: *Nature Communications* 15:720. DOI: 10.1038/s41467-025-55890-2.
- Waldschläger, K., Lechthaler, S., Stauch, G., Schüttrumpf, H. (2020): The way of microplastic through the environment – Application of the source-pathway-receptor model (review). *Science of the Total Environment* (713), S. 136584. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.136584.

Korrespondenz an:

Dr. Simone Lechthaler
Hunziker Betatech, Stockerstrasse 64, 8001 Zürich, Schweiz
Telefon: +41 43 344 33 20
E-Mail: simone.lechthaler@hunziker-betatech.ch