



Kanton Zürich
Baudirektion
Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft
Wasserbau

Geoinformation und Hydrometrie

Erhebung der Uferlinien für die 10 grössten Seen im Kan- ton Zürich

Dokumentation

Dokumentenkontrolle	
Autor	Dominik Koehler
Telefon	043 259 32 27
E-Mail	dominik.koehler@bd.zh.ch
Erstellt am	02.12.2020
Letzte Revision	-
Version	2.0
Klassifizierung	Genehmigt durch Sektionsleiter Geoinformation und Hydrometrie



Inhalt

1. Ausgangslage	3
2. Situation in anderen Kantonen	4
3. Methode und Ergebnis	5
Anhang	10

1. Ausgangslage

2011 hat der Bund das revidierte Gewässerschutzgesetz (GSchG, SR 814.20) und die revidierte Gewässerschutzverordnung (GSchV, SR 814.201) in Kraft gesetzt. Er verpflichtet darin die Kantone, entlang von Seen, Flüssen und Bächen einen sogenannten Gewässerraum festzulegen und vor Überbauung zu schützen. Im Kanton Zürich wurde das Vorgehenskonzept durch den Regierungsrat mit RRB Nr. 977/2016 festgelegt. Die flächendeckende Festlegung der Gewässerräume erfolgt vorerst nur an den Fliessgewässern im Siedlungsgebiet und ist seit 2018 in Erarbeitung. Der Projektabschluss im Siedlungsgebiet ist gemäss RRB 1018/2018 bis 2023 geplant. Die Festlegung an den Seen und ausserhalb des Siedlungsgebietes erfolgt zu einem späteren Zeitpunkt.¹ Der Gewässerraum bei stehenden Gewässern wird ab der Uferlinie gemessen und muss mindestens 15 m betragen (vgl. Art. 41b Abs. 1 GSchV). Als Uferlinie gilt die Begrenzungslinie eines Gewässers, bei deren Bestimmung in der Regel auf einen regelmässig wiederkehrenden höchsten Wasserstand abgestellt wird². Dabei wird den Kantonen ein gewisser Spielraum für die Berücksichtigung der jeweiligen Gegebenheiten belassen (z.B. Jährlichkeiten Wasserstand, Oberkante Böschung bei kleineren stehenden Gewässern). Ähnlich lautet der Grundsatz zur Festlegung der Uferlinie im Rahmen der Bestimmung der Ökomorphologie der Seeufer. Bei grossen Wasserspiegelschwankungen soll die Uferlinie so verlaufen, dass auch Bereiche, die nur sporadisch überflutet sind, seeseitig der Uferlinie zu liegen kommen. Wo künstliche Anlagen zur Uferbefestigung existieren (Ufermauern, Spundwände, Blocksatz), soll die Uferlinie diesen Uferverbauungen folgen.³

Der gewählte Wasserstand hat insbesondere im Bereich von Flachufern massgebenden Einfluss auf die Ausdehnung der Uferlinie und damit auf die Lage des künftigen Gewässerraums. Entsprechend kommt der genauen Festlegung der Uferlinien eine wichtige Bedeutung zu. Weiter kann eine einheitliche Festlegung der Gewässerräume nur gewährleistet werden, wenn alle an einen See anstossenden Gemeinden von der gleichen Uferlinie ausgehen. Gleichzeitig dient die Uferlinie als Bezugslinie zur lagegenauen Darstellung von Fachdaten im GIS (lineare Referenzierung) und somit als Grundlage für die Erhebung der Ökomorphologie der Seen sowie der Revitalisierungsplanung. In diesem Zusammenhang hat die Aquaplust AG im Auftrag des Kantons Zürich 2019 die Uferlinien der 10 grössten Seen im Rahmen der Beurteilung der Seeuferökonomie gutachterlich festgelegt. Bearbeitet wurden die folgenden Seen:

Zürichsee, Greifensee, Pfäffikersee, Türlensee, Unterer Chatzensee, Oberer Chatzensee, Hüttnersee, Lützelsee, Grosser Husermersee und Bichelsee.

Bei mittelgrossen und kleinen Stehgewässern wird die Uferlinie der amtlichen Vermessung übernommen, wobei die Gewässerraumplaner dazu aufgerufen sind, diese Grundlagen anhand der in diesem Dokument beschriebenen Grundlagen zu verifizieren.

¹ Baudirektion, Brief an die Stadt- und Gemeinderäte im Kanton Zürich: «Die Festlegung des Gewässerraums im Siedlungsgebiet beginnt», 24.03.2017.

² BAFU, Erläuternder Bericht zur parlamentarischen Initiative «Schutz und Nutzung der Gewässer» (07.492) - Änderung der Gewässerschutz-, Wasserbau-, Energie- und Fischereiverordnung, S. 13, 20.4.2011.

³ BAFU, Modul zur ökomorphologischen Untersuchung und Beurteilung der Seen, 2016.

Dieses Dokument beschreibt die Vorgehensweise bei der Bestimmung der Uferlinien der Grosseen als Grundlage für die Gewässerraumausscheidung.

2. Situation in anderen Kantonen

- Der Kanton Bern bezieht sich bei der Festlegung der Uferlinien auf eine Untersuchung im Auftrag des BAFU⁴. In dieser Studie wurde eine Methodik entwickelt zur Bestimmung des potentiell natürlichen Uferraums (PNU) mittels GIS als Grundlage zur Ausscheidung des erhöhten Gewässerraums bei stehenden Gewässern im Sinne von Artikel 41b, Absatz 2 GschV (Erhöhung des Gewässerraums soweit dies zur Gewährleistung des Hochwasserschutzes, aus überwiegenden Interessen des Natur- und Landschaftsschutzes oder für die Gewässernutzung erforderlich ist). Der PNU umfasst diejenigen Teile der Vegetation, welche noch durch den mit dem Seepiegel korrespondierenden Grundwasserstand hydrologisch beeinflusst werden (Mittelwasserstand $P_{\text{Mittelwasser}}$ + Pegelschwankungen ΔP + Wurzelräume ΔWW ; ΔWF ; siehe Abbildung 1).

Für die Charakterisierung der Pegelschwankungen stehen unterschiedliche Parameter zur Verfügung. Die Studie hat ergeben, dass der Parameter $P_{1\text{-jährliches Hochwasser}} - P_{\text{Mittelwasser}}$ für die Berücksichtigung der Pegelschwankungen bei der Gewässerraumausscheidung am besten geeignet ist. Der Kanton Bern definiert somit die Uferlinie für stehende Gewässer durch den Pegel des mittleren jährlichen Hochwassers ($P_{\text{Hochwasser}}$). Für stehende Gewässer ohne Pegeldata stützt sich der Kanton Bern auf die Erkenntnis der Studie, wonach im Mittel die folgende Beziehung verwendet werden kann:

$P_{\text{Hochwasser}} = P_{\text{Mittelwasser}} + 0.5 \text{ m}$, wobei $P_{\text{Mittelwasser}}$ dem Seespiegel im digitalen Terrainmodell entspricht.

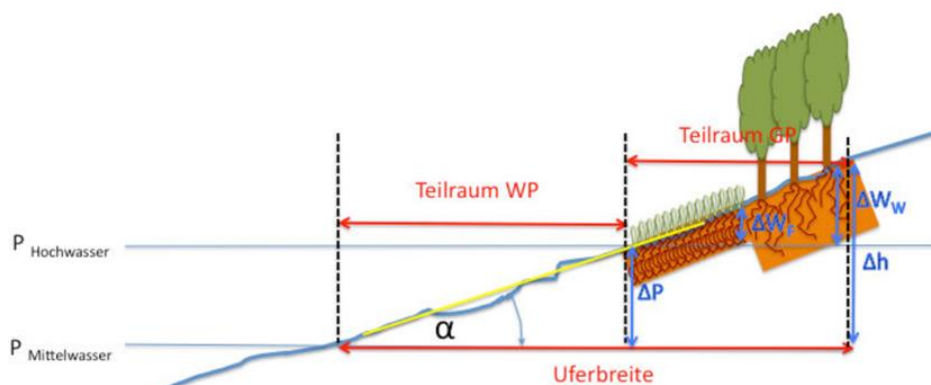


Abbildung 1: Der Pegel $P_{\text{Mittelwasser}}$ entspricht dem digitalen Terrainmodell bzw. falls vorhanden dem langjährigen Mittelwert entsprechender Messreihen, der $P_{\text{Hochwasser}}$ entspricht dem mittleren jährlichen Hochwasser. Der Teilraum WP umfasst die Pegelschwankungen und gehört zur Seefläche. ΔP entspricht für Seen ohne Pegeldata im Mittel 0.5 m. Ab Schnittpunkt $P_{\text{Hochwasser}}$ mit der Terrainkote beginnt der Gewässerraum, der im Minimum 15 m breit sein muss. Der Teilraum GP entspricht dem Bereich wo der Wasserhaushalt des Bodens und damit auch der

⁴ Ambio GmbH und Magma AG, Verfahren zur Ermittlung des potentiell natürlichen Uferraums stehender Gewässer, im Auftrag des BAFU, September 2015.

Vegetation durch das stehende Gewässer bestimmt wird. Dieser Teilraum GP entspricht dem potentiell natürlichen Uferraum (PNU).

- Im Kanton St. Gallen wird basierend auf langjährigen Pegel­daten der drei grossen Seen auf den zweijährlichen Hochwasserstand abgestellt. Bei der Ermittlung dieser Werte wurde festgestellt, dass die gewählte Jährlichkeit den Vegetationsverlauf an den Seeufern sachgerecht abbildet.⁵
- Im Kanton Freiburg basiert die Uferlinie auf dem mittleren Hochwasserstand der Seen. Dies entspricht dem Wasserstand, der im Durchschnitt 1 Tag pro Jahr für eine Beobachtungsperiode von mehreren Jahren erreicht oder übertreten wird. Bei Gewässern mit sehr flachen Uferzonen werden der Einfachheit halber Daten des TLM5 verwendet, um die Uferlinie zu definieren. Dies gilt auch für die Fälle, wo die mittlere Hochwasserlinie sehr nahe an dem TLM-Ufer liegt und kleinen Gewässern, die keine mittlere Hochwasserlinie besitzen. Für künstlich angelegte Seen gilt der maximale Wasserstand als Uferlinie⁶.
- Im Kanton Luzern wurde für die vier grössten Seen ein mittlerer Hochwasserstand als massgebende Uferlinie festgelegt⁷.

3. Methode und Ergebnis

In einem ersten Schritt wurde durch Hunziker, Zarn & Partner für die grösseren Seen im Kanton Zürich auf Grundlage langjähriger Pegel­daten das 1-jährliche, 2-jährliche und 5-jährliche Hochwasser ermittelt⁸. Diese Daten wurden um den Mittelwasserstand gemäss den hydrologischen Jahrbüchern ergänzt (Periodenmittel) und die jährlichen Pegelschwankungen ermittelt (siehe Tabelle 1).

See	Messreihe	Mittelwasserstand* [m ü. M.]	1-jährlicher Pegel [m ü. M.]	2-jährlicher Pegel [m ü. M.]	5-jährlicher Pegel [m ü. M.]	Jährliche Pegelschwankung P ₁ -P _{Mittelwasser}
Zürichsee	1951-2016	405.93	406.12	406.26	406.40	0.19
Greifensee	1993-2018	435.20	435.46	435.86	436.09	0.26
Pfäffikersee	1993-2018	536.97	537.29	537.43	537.62	0.32
Türlersee	1979-2018	644.18	644.30	644.51	644.64	0.12
Oberer und Unterer Chatzensee	1979-2018	439.03	439.09	439.20	439.34	0.06

⁵ Kanton St. Gallen, Arbeitshilfe: Gewässerraum im Kanton St. Gallen, August 2018.

⁶ Staat Freiburg, Kantonale Richtlinie: Abgrenzung des Gewässerraums und der Baugrenzen, Februar 2019.

⁷ Kanton Luzern, Richtlinie: Der Gewässerraum im Kanton Luzern, 1. März 2012.

⁸ Hunziker, Zarn & Partner, Jährlichkeiten von Hochwasserpegelständen an ausgewählten Seen im Kanton Zürich, März 2019.

Hüttnersee	1985-2017	658.04	658.23	658.44	658.53	0.19
Lützelsee	1981-2017	499.83	500.14	500.26	500.33	0.31
Husermersee	1997-2008	409.31	409.35	409.45	409.56	0.04
Bichelsee	Keine hydrometrische Messstation vorhanden					

Tabelle 1: Übersicht über die zur Ermittlung der Seeuferlinien der Grossseen im Kanton Zürich geprüften Pegelstände. Beim Greifen- und Pfäffikersee wurden nur Messdaten ab 1993 verwendet, da im Jahr 1992 das Regulierwehr am Pfäffikersee gebaut wurde, welches den Abfluss des Aabachs und somit den Wasserstand des Pfäffikersees sowie den Zufluss zum Greifensee steuert.

In einem zweiten Schritt wurden mittels GIS auf Grundlage des Geländemodells des Kantons Zürich von 2014 für alle Hochwasserkoten Kontourlinien berechnet (siehe Anhang 2) und jeweils diejenige Hochwasserkote, welche die beste Übereinstimmung mit der Land-/Wassergrenze gemäss Orthofotos aufweist, ermittelt. Dabei hat sich gezeigt, dass die Hochwasserkontourlinien für Seen mit geringen Pegelschwankungen sowie in Bereichen mit sehr flachen Uferabschnitten (i.d.R. Schilfgürtel) und Bereichen mit steilen, künstlichen Uferbefestigungen nicht brauchbar modelliert werden konnten (siehe Anhang 3). Da nicht für alle Seen eine sinnvolle Modellierung anhand der Hochwasserkoten möglich war, wird nur für den Zürichsee, den Greifensee und den Pfäffikersee eine Kote festgelegt (siehe **Tabelle 2**). Diese könnte in Streitfällen im Rahmen der Gewässerraumausscheidung für eine exakte Feldvermessung der Uferlinie durch den Nachführungsgeometer verwendet werden, sofern die Uferbeschaffenheit dies zulässt (z.B. ist eine Vermessung bei Schilfgürteln nicht möglich).

See	Massgebende Kote [m ü. M.]	Jährlichkeit
Zürichsee	406.1	1-jährliches Hochwasser
Greifensee	435.45	1-jährliches Hochwasser
Pfäffikersee	537.3	1-jährliches Hochwasser
Türlersee	Aufgrund eines hohen Wasserstands zum Zeitpunkt der Erstellung des digitalen Geländemodells sowie geringen jährlichen Pegelschwankungen (0.12 m), konnte das 1-jährliche Hochwasser und in bestimmten Bereichen auch das 2-jährliche Hochwasser nicht zufriedenstellend ermittelt werden. Das 5-jährliche Hochwasser stimmt nicht mit der Land-/Wasserabgrenzung überein.	
Lützelsee	Aufgrund sehr flacher, ausgedehnter Uferbereiche mit Höhendifferenzen unterhalb des Genauigkeitsbereichs des digitalen Geländemodells, stimmten alle Hochwasserkontourlinien nicht mit der Land-/Wasserabgrenzung überein.	
Hüttnersee	Die Hochwasserkontourlinie für das 1-jährliche Hochwasser konnte nicht brauchbar modelliert werden. Das 2-jährliche und das 5-jährliche Hochwasser stimmt nicht mit der Land-/Wasserabgrenzung überein.	
Oberer und Unterer Chatzensee	Infolge sehr geringer jährlicher Pegelschwankungen (0.06 m) konnten die Hochwasserkontourlinien für das 1- und das 2-jährliche Hochwasser nicht brauchbar modelliert werden. Das 5-jährliche Hochwasser stimmt nicht mit der Land-/Wasserabgrenzung überein.	

Husemersee	Infolge sehr geringer jährlicher Pegelschwankungen (0.04 m) konnten die Hochwasserkontourlinien für das 1- und das 2-jährliche Hochwasser nicht brauchbar modelliert werden. Das 5-jährliche Hochwasser stimmt nicht mit der Land-/Wasserabgrenzung überein.
Bichelsee	Keine hydrometrische Messstation vorhanden.

Tabelle 2: Übersicht über die zur Festlegung der Seeuferlinien der Grossseen im Kanton Zürich ermittelten massgebenden Pegelstände.

In einem dritten Schritt wurden die Uferlinien durch die Aquaplust AG gutachterlich festgelegt⁹. Als Grundlage dienten Schrägluftbilder, Orthofotos, das digitale Terrainmodell, die amtliche Vermessung (AV) sowie die Kontourlinien für das 1-jährliche Hochwasser (siehe Anhang 1), sofern diese brauchbar modelliert werden konnten. Im Bereich verbauter Steilufer sowie von durch Haaben, Bootshäusern und -stegen überdeckten Flächen wurde die amtliche Vermessung übernommen (siehe **Abbildung 2**). Die Bestimmung der Uferlinie im Wald, bei Ufergehölzen und entlang von Flachufern (z.B. Kiesufer) erfolgte in der Regel anhand der Hochwasserkontourlinie (siehe Abbildung 3 und Abbildung 4). Im Bereich von Schilfgürteln bzw. sehr flachen Riedgebieten, konnte die Kontourlinie meist nicht verwendet werden. In diesen Fällen erfolgte die Land-/ Wasserabgrenzung anhand des Frühjahresluftbildes von 2015/16 und den Schrägluftbildern mit dem Kriterium, bis wo das Ufer noch gemäht wird (siehe Abbildung 5).

Im Falle des Zürichsees konnte direkt die AV als Ausgangsuferlinie verwendet werden. Diese wurde bereits mit separatem Auftrag des AWEL durch die zuständigen Nachführungsstellen der AV zwischen 2011 und 2017 von Booten aus vermessen. Dabei lag die Bestimmung der Seefläche im Bereich von durch Haaben und Bootshäusern überdeckten Flächen sowie im Bereich von Hafenbecken besonders im Fokus. Als massgebende Uferlinie wurde damals die Kote 405.95 m ü. M. definiert, welche dem langjährigen Mittelwasserstand beim Wehr Oberer Letten entspricht. Da diese Kote nicht den Vorgaben für die Gewässerraumausscheidung entspricht, wurden naturnahe Ufer und befestigte Flachufer erneut überarbeitet.



Abbildung 2: Bei befestigten Steilufern (Mauer in diesem Beispiel) wurde die Uferlinie der AV übernommen (weiss) und folgte nicht der Modellierung (gelb).

⁹ Aquaplust AG, Bearbeitungsbericht: Ökomorphologie Seeufer Kanton Zürich, 10.12.2019.



Abbildung 3: Im Waldbereich war für die Festlegung der Uferlinie vor allem die modellierte Hochwasserlinie (orange Linie) massgebend, da aufgrund der überhängenden Bäume die Abgrenzung See-Land in den Orthophotos schwierig zu erkennen ist und die Schrägluftbilder nur teilweise helfen.



Abbildung 4: Bei unbefestigten Flachufern orientiert sich die Uferlinie (weiss) an der modellierten Uferlinie (gelb).



Abbildung 5: Es wurde Wasser- und Landschilf unterschieden, das Kriterium hierzu war, ob das Schilf geschnitten wird oder nicht. Uferlinie der amtlichen Vermessung in gelb, modellierte Linie in orange und verwendete Uferlinie in weiss dargestellt.

Zum Schluss wurden die Uferlinien geglättet und Bootshäuser, Haben, Hafenmauren und Buchten, die nicht dem generellen Trend der Uferlinie folgten, entfernt (siehe Abbildung 6 und Abbildung 7).



Abbildung 6: Bei Bootshäusern, welche sich im Uferbereich befinden, wird die Uferlinie seeseitig vom Bootshaus geführt (orange Linie, welche aber noch leichte Korrekturen braucht). Weiss: Linie amtliche Vermessung.



Abbildung 7: Bei Bootshäusern, welche sich halb im Uferbereich befinden und halb in den See ragen, wird die Uferlinie im generellen Trend des Seeufers geführt (orange Linie).