

---

# Ökomorphologie Seeufer Kanton Zürich



## Bearbeitungsbericht

---

Dokument Nr. 1852-B-01  
Datum Endfassung: 10.12.2019

---

**Impressum**

Auftraggeber: AWEL · Abteilung Wasserbau  
Walcheplatz 2 · CH-8090 Zürich

Auftragnehmer: AquaPlus AG  
Gotthardstrasse 30 · CH-6300 Zug

Projektleitung: Barbara Imhof

Mitarbeiter: Klemens Niederberger · Tino Stäheli · Ernst Roth · Yvonne Keiser

Zitiervorschlag: AQUAPLUS 2019: Ökomorphologie Seeufer Kanton Zürich. Bearbeitungsbericht. Im Auftrag des AWEL. 27 S.

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1 Auftrag</b>	<b>1</b>
<b>2 Festlegung Uferlinie</b>	<b>2</b>
<b>3 Ökomorphologie Seeufer</b>	<b>8</b>
<b>3.1 Datengrundlage</b>	<b>8</b>
<b>3.2 Erhebung der Attribute</b>	<b>8</b>
3.2.1 A01 - A04: Basisinformationen	8
3.2.2 B01: Verbauung der Uferlinie	8
3.2.3 B02: Fliessgewässeranbindung	10
3.2.4 B03: Wellenexposition	10
3.2.5 C01: Siedlung, Gewerbe, Industrie im Uferstreifen	11
3.2.6 C02: Freizeitnutzung im Uferstreifen	12
3.2.7 C03: Verkehrswege und -flächen im Uferstreifen	13
3.2.8 C04: Land- und forstwirtschaftliche Nutzung im Uferstreifen	14
3.2.9 C05: Fliessgewässerverbauung im Uferstreifen	15
3.2.10 C06: Ufersaumvegetation	15
3.2.11 C07: Ufertyp	16
3.2.12 C08: Ufertypische Vegetation	17
3.2.13 D01: Nutzung im Hinterlandstreifen	18
3.2.14 D02: Hinterland-Übergangsvegetation	19
3.2.15 E01: Sohlenveränderungen in der Flachwasserzone	20
3.2.16 E02: Anlagen und Strukturen in der Flachwasserzone	20
3.2.17 E03: Ausdehnung der Flachwasserzone	22
3.2.18 E04: Emerse Vegetation der Flachwasserzone	23
<b>3.3 Bewertung</b>	<b>24</b>
3.3.1 Zielhierarchie	24
3.3.2 Wertefunktion und Aggregationsfunktionen	25
3.3.3 Klassifizierung	25
<b>4 Beurteilung der Zürcher Seen</b>	<b>26</b>
<b>5 Literatur</b>	<b>27</b>

## 1 Auftrag

Der Auftrag umfasste die Beurteilung der Seen im Kanton Zürich gemäss der Methode des Moduls Ökomorphologie Seeufer des Bundesamtes für Umwelt (Niederberger et al. 2016). Ziel dieser Methode ist die flächendeckende Erfassung, Bewertung und übersichtsmässige Darstellung des ökomorphologischen Zustandes der Seeufer.

Als Basis für die Beurteilung müssen Uferlinien vorhanden sein, welche den Anforderungen der Methodik genügen. Diese wurden in einem ersten Schritt erstellt.

Anschliessend wurde die Bewertung der Seeufer vorgenommen. Anhand von Orthophotos, Schrägluftbildern und weiteren Datengrundlagen wurde die eigentliche Seeufermorphologie sowie Nutzungen, Anlagen und Verbauungen im und am Seeufer anhand von verschiedenen ausgewählten Merkmalen erhoben. Die Beurteilung erfolgte auf verschiedenen Aggregationsstufen, sodass neben der Gesamtbewertung der Ökomorphologie auch eine differenziertere Betrachtung von einzelnen Uferkompartimenten wie z.B. «Flachwasserzone», «Uferlinie» und «Uferzone» möglich ist.

Die ökomorphologische Beurteilung wurde für folgende Seen durchgeführt:

- Zürichsee (Teil Kanton Zürich) sowie eine Insel
- Greifensee
- Pfäffikersee
- Türlensee
- Unterer Chatzensee
- Oberer Chatzensee
- Hüttnersee
- Lützelsee
- Grosser Husemersee
- Bichelsee

## 2 Festlegung Uferlinie

Um eine Bewertung der Seeufer gemäss dem Modul Ökomorphologie Seeufer (Niederberger et al. 2016) vornehmen zu können, müssen geeignete Uferlinien vorliegen. Gemäss Methode (Seite 17) haben die Uferlinien folgende Anforderungen zu erfüllen:

*«Die digitale Uferlinie muss möglichst präzise mit der realen Trennlinie Land-Wasser übereinstimmen. Sind die Wasserspiegelschwankungen gross, soll die digitale 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. Kartographische digitale Darstellungen von Seen erfüllen diese Anforderung oft nur teilweise, da sie durch Vereinfachung und Generalisierung geprägt sind.»*

Im Kanton Zürich waren bereits zwei Uferlinien vorhanden. Einerseits handelte es sich dabei um die Uferlinien der amtlichen Vermessung, welche für den Zürichsee anhand der Mittelwasserkote 405.95 m.ü.M und an allen anderen stehenden Gewässern gemäss der Weisung AV05-2019 vom 1. Oktober 2019 erhoben wurden. Andererseits wurden vom AWEL Uferlinien modelliert, welche auf dem DTM des Kantons Zürich sowie der massgeblichen Hochwasserkote pro See beruhen. Präzisierungen zur Modellierung der Uferlinien und der verwendeten Hochwasserkoten finden sich in der Aktennotiz des AWEL (2019).

Die gutachterliche Festlegung der definitiven Uferlinien erfolgte auf Basis dieser beiden Datensätze. In verbauten Abschnitten erwiesen sich die Uferlinien, welche auf den AV Daten basierten, als verlässlichere Ausgangsdaten, in unverbauten Bereichen ergaben die modellierten Uferlinien bessere Hinweise auf die Lage der Trennlinie Land-Wasser. Unter Beizug der Orthophotos RGB vom Frühling 2015/2016 und Sommer 2018 sowie der Schrägluftbilder (siehe unten) wurden die Uferlinien manuell bereinigt bzw. generiert.

Nachfolgend ist die Festlegung der Uferlinie in diversen typischen Situationen, in welchen die Definition der Land-Wasser Grenze nicht eindeutig ist, dargestellt.

**Uferlinie 1: Schilf**

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.



Unterscheidung Wasserschilf und Landschilf: Optisch in Luftbildern, gemäht nicht gemäht. In diesem Beispiel stimmt die Uferlinie AV mit der verwendeten Uferlinie überein, die modellierte Linie ist zu weit landseitig.



Unterscheidung Wasserschilf und Landschilf: In diesem Beispiel stimmt die Uferlinie AV besser mit der verwendeten Uferlinie überein, die modellierte Linie ist zu weit see-seitig.



Unterscheidung Wasserschilf und Landschilf: In diesem Beispiel stimmt die modellierte Uferlinie mit der verwendeten Uferlinie besser überein, die Uferlinie AV ist zu weit seeseitig.



**Uferlinie 2:  
Bootshäuser**

Bei Bootshäusern, welche in den See ragen, wird die Uferlinie hinter den Bootshäusern entlanggeführt (weisse Linie). Orange: modellierte Linie.



Bootshäuser: 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.



Bootshäuser: 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).



**Uferlinie 3: Kleine Bootsiegeplätze**

Bei kleinen Bootsiegeplätzen für ein oder sehr wenige Boote, die sich in den Uferbereich erstrecken, verläuft die Uferlinie seeseitig (orange Linie).



Kleine Bootsiegeplätze: Weiteres Beispiel, Verlauf seeseitig orange dargestellt.



#### Uferlinie 4: Grosse Bootslegeplätze

Bei Bootslegeplätzen für viele Boote, die sich in den Uferbereich erstrecken, folgt die Uferlinie dem generellen »Trend« (orange Linie).



#### Uferlinie 5: Stützpunkte

Bei Ufergehölzen und Wald ist die Uferlinie auf den Orthophotos nicht sichtbar (**oberes Bild**). Die Schrägluftbilder bestätigen aber, dass in diesem Fall die Uferlinie sehr kleinräumig variiert. Dies widerspiegelt sich folglich in der Uferlinie, welche grössere Variationen aufweist und durch viele Stützpunkte festgelegt wird.

Im Bereich der Schilfgürtel (**unteres Bild**) wurde die Uferlinie manuell festgelegt bzw. nicht auf die Modellierungen zurückgegriffen. Es ergibt sich eine eher gestreckte Uferlinie.

Es wurde eine über die gesamte Uferlinie tendenziell homogene Verteilung an Stützpunkten angestrebt und die Bereiche mit sehr variabler Uferlinie geglättet.



**Uferlinie 6: Wald**

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.



**Uferlinie 7: Kiesufer**

Bei unverbauten Kiesufern orientiert sich die Uferlinie (weiss) an der modellierten Uferlinie (gelb).



**Uferlinie 8: Verbautes Flachufer**

Bei verbauten Flachufern wurde die Uferlinie auf den Verbau gelegt (weiss) und folgte nicht der Modellierung (gelb).



### 3 Ökomorphologie Seeufer

#### 3.1 Datengrundlage

Die für die Erhebung der Ökomorphologie der Seeufer verwendeten Datengrundlagen entsprechen weitgehend den Angaben in (Niederberger et al. 2016). Im Folgenden werden einige Präzisierungen zu den Datengrundlagen vorgenommen:

- Uferlinien: Es wurden die für das Projekt von AquaPlus hergeleiteten Uferlinien verwendet, siehe Kapitel 2.
- Orthophotos: Verwendet wurden sowohl die Orthophotos RGB vom Frühling 2015/2016 als auch die Sommeraufnahmen des Jahres 2018
- Als Grundlage für die Höhendaten wurde das TLM des Kantons Zürich verwendet
- Gewässernetz: sowohl das Gewässernetz des Kantons Zürich als auch die Gewässernetze swissTLM3D und Vektor 25 der Swisstopo wurden verwendet.
- Schrägluftbilder: Die Schrägluftbilder wurden von AquaPlus für das vorliegende Projekt erhoben. Die Helikopterbefliegung der Seen erfolgte am 27.2.2019 und 6.3.2019. Als Hauptkamera wurde eine Canon E02 5D2 mit einem Zoomobjektiv von 24-70 mm verwendet. Es handelt sich um eine Kleinbild Vollformat Kamera mit einer Auflösung von 8688 x 8792 Pixel. Die horizontale und vertikale Auflösung beträgt 72 dpi. Weitere Angaben zu den Fotos finden sich in den jeweiligen .exif Dateien. Als Backupkamera wurde eine Nikon D850 verwendet.

#### 3.2 Erhebung der Attribute

Die Erhebung der Attribute erfolgte gemäss der Methodik des Moduls Ökomorphologie Seeufer (Niederberger et al. 2016). Im Folgenden werden zu den einzelnen Attributen Präzisierungen vorgenommen oder Spezialfälle aus der Erhebungspraxis dokumentiert.

##### 3.2.1 A01 - A04: Basisinformationen

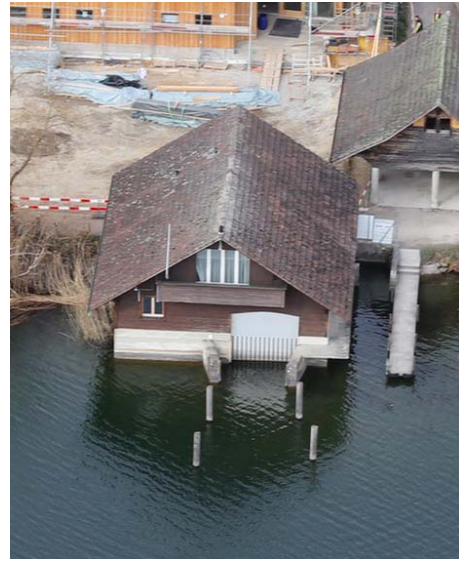
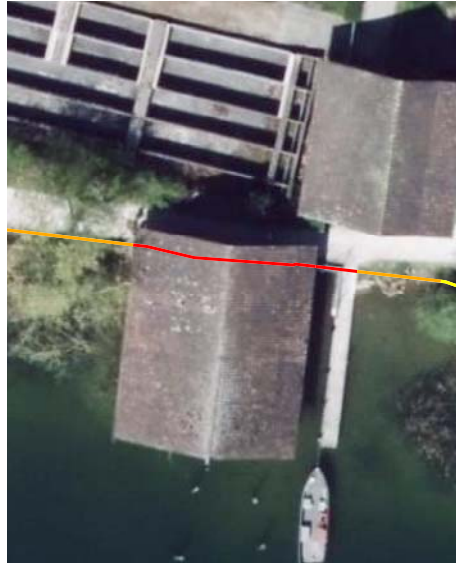
Die für die Attribute A01 bis A04 erforderlichen Informationen wurden in der Filegeodatabase in einer Tabelle mit dem Namen «Basisinformationen» zusammengestellt.

##### 3.2.2 B01: Verbauung der Uferlinie

Die Erhebung der Verbauung der Uferlinie erfolgte gemäss der Methodik Ökomorphologie Seeufer (Niederberger et al. 2016). Nachfolgend sind einige Konkretisierungen der Methodik sowie Spezialfälle aufgeführt.

**Verbauung Uferlinie  
1: Nicht einsehbar**

Teilweise war die Uferlinie hinter Bootshäusern oder aufgrund des Bewuchses nicht sichtbar. In diesen Fällen wurde eine Annahme getroffen bezüglich der Attributsausprägung und eine Bemerkung gemacht.



**Verbauung Uferlinie  
2: Geschüttete Böschung**

In diesem Beispiel ist das Ufer nicht verbaut, jedoch ist aufgrund der Geländeform anzunehmen, dass die Böschung künstlich aufgeschüttet wurde. Dennoch wurde in diesem Fall die Uferlinie mit «keine Uferverbauungen» bewertet.



**Verbauung Uferlinie  
3: Stege**

Stege in den See wurden als eigenen Abschnitte erfasst. Bezüglich der Verbauung auf Höhe der Uferlinie wurde eine Annahme getroffen, sofern diese nicht ersichtlich war.



### 3.2.3 B02: Fliessgewässeranbindung

Die Erhebung der Fliessgewässeranbindung erfolgte gemäss der Methodik Ökomorphologie Seeufer (Niederberger et al. 2016). Nachfolgend ist eine Konkretisierung der Methodik aufgeführt.

#### **Fliessgewässer 1: Riedgräben**

Sehr kleine Gewässer im Ried, welche der Entwässerung dienen und keine eigentlichen Fliessgewässer darstellen, wurden nur systematisch erfasst, wenn diese in einem Gewässernetz oder der Ökomorphologie Fliessgewässer aufgeführt sind.



### 3.2.4 B03: Wellenexposition

Zur Beurteilung der Wellenexposition wurde für Uferabschnitte mit relativ einheitlicher Ausrichtung die Signifikant Wave Height aus dem Wellenatlas des Zürichsees abgefragt ([www.swisslakes.net](http://www.swisslakes.net)). Innerhalb eines nicht durch Landmasse abgeschatteten Fensters von 120° (60° links und rechts der Ufersenkrechten) wurde die grösste Wellenhöhe mit einer Wiederkehrperiode von 2 Jahren für die Zuteilung zu den Klassen «gering», «mittel» und «gross» verwendet. Dabei wurden folgende Grenzen gesetzt:

bis 0.3 m	-	gering
0.3 - 0.6 m	-	mittel
ab 0.6 m	-	gross

Dieser Zuteilung liegen mehrere Überlegungen zugrunde. Einerseits handelt es sich bei der Erhebung der Ökomorphologie der Seeufer um eine schweizweit einheitlich anzuwendende Methode. Die grösste Wellenbelastung tritt in Seen wie Urnersee oder Neuenburgersee auf, mit Wellenhöhen > 1 m bei einer Wiederkehrperiode von 2 Jahren. Dementsprechend sind die Zürichseeufer mit den dort auftretenden Wellen im Bereich gering bis mittel einzuordnen. Andererseits wurden die Grundlagen zur Bemessung des Korndurchmessers an Ufern mit unterschiedlicher Böschungsneigung bei gegebener Bemessungswelle berücksichtigt. Ufer mit grosser Wellenexposition wären demnach solche, an welchen für mittelsteile Ufer ein Korndurchmesser von  $\leq 10$  cm erforderlich ist, um ein stabiles Ufer zu gewährleisten. Dies ergibt ungefähr die Grenze von > 0.6 m für eine grosse Wellenexposition.

### 3.2.5 C01: Siedlung, Gewerbe, Industrie im Uferstreifen

Die Erhebung von Siedlung, Gewerbe und Industrie im Uferstreifen erfolgte gemäss der Methodik Ökomorphologie Seeufer (Niederberger et al. 2016). Die folgenden Beispiele zeigen verschiedene Attributsausprägungen.

#### Siedlung 1: Vereinzelte Kleingebäude

Das Beispiel zeigt eine Uferpromenade mit vereinzelt Kleingebäuden, Bewertung grün.



#### Siedlung 2: Umschwung

Diese Attributsausprägung beschreibt Umschwung von Bebauungen, welche im Uferbereich gelegen sind, Bewertung gelb.



### 3.2.6 C02: Freizeitnutzung im Uferstreifen

Die Erhebung von Freizeitnutzung im Uferstreifen erfolgte gemäss der Methodik Ökomorphologie Seeufer (Niederberger et al. 2016). Die folgenden Bilder zeigen verschiedene Attributsausprägungen.

#### Freizeitnutzung 1: Spielfeld

Das Beispiel zeigt ein Beach-Volleyball Feld. Bewertung gelb.



#### Freizeitnutzung 2: Freibad

Ein Freibad ohne Infrastruktur im Uferstreifen. Bewertung gelb.



### 3.2.7 C03: Verkehrswege und -flächen im Uferstreifen

Die Erhebung von Verkehrswege und -flächen im Uferstreifen erfolgte gemäss der Methodik Ökomorphologie Seeufer (Niederberger et al. 2016). Die folgenden Bilder zeigen verschiedene Attributsausprägungen.

**Verkehrswege 1:  
Keine**

Keine Verkehrsinfrastruktur im Uferstreifen. Bewertung blau.



**Verkehrswege 2:  
Bahn**

Bahntrasse im Uferstreifen. Bewertung rot.



### 3.2.8 C04: Land- und forstwirtschaftliche Nutzung im Uferstreifen

Die Erhebung von Land- und forstwirtschaftlicher Nutzung im Uferstreifen erfolgte gemäss der Methodik Ökomorphologie Seeufer (Niederberger et al. 2016). Die folgenden Bilder zeigen verschiedene Attributsausprägungen.

#### Land- und forstwirtschaftliche Nutzung

##### 1: Keine

Keine landwirtschaftliche Nutzung. Bewertung blau.



#### Land- und forstwirtschaftliche Nutzung

##### 2: Intensiv

Intensive landwirtschaftliche Nutzung. Bewertung orange.



### 3.2.9 C05: Fließgewässerverbauung im Uferstreifen

Das Attribut C05 wird zusammen mit dem Attribut B02 «Fließgewässieranbindung» behandelt

### 3.2.10 C06: Ufersaumvegetation

Die Erhebung der Ufersaumvegetation erfolgte gemäss der Methodik Ökomorphologie Seeufer (Niederberger et al. 2016). Nachfolgend ist eine Konkretisierung der Methodik aufgeführt.

#### **Ufersaumvegetation 1: Mischung**

Bei gemischtem Auftreten von Schilf und Gebüsch wurde jenes Attribut verwendet, welches dem grösseren Anteil des Bewuchses entsprach. Im Bild wäre dies «Ufersaumvegetation Röhricht/Ried».



### 3.2.11 C07: Ufertyp

Zur Erhebung der Gefällsklasse wird eine Hilfslinie benötigt, welche 3 m höher liegt als die Uferlinie, welche für die Erhebung der Ökomorphologie Seeufer verwendet wird. Als Grundlagendaten zur Herleitung der Hilfslinien dienten die Daten des TLM des Kantons Zürich. Als Basishöhenlinie wurde jene Höhe bestimmt, welche aufgrund einer optischen Prüfung den gutachterlich festgelegten Uferlinien der einzelnen Seen (siehe Kapitel 2) am besten entsprach. Die gewählten Basishöhenlinien sind nachfolgend aufgeführt:

- Zürichsee: 405.95 m. ü. M
- Greifensee: 435.5 m. ü. M
- Pfäffikersee: 537.3 m. ü. M
- Türlensee: 644.5 m. ü. M
- Unterer und oberer Chätzensee: 439.1 m. ü. M
- Hüttnersee: 658.3 m. ü. M
- Lützelsee: 499.9 m. ü. M
- Grosser Husersee: 409.5 m. ü. M
- Bichelsee: 590.6 m. ü. M
- Insel Zürichsee: 405.95 m. ü. M

Die Erhebung des Ufertyps erfolgte gemäss der Methodik Ökomorphologie Seeufer (Niederberger et al. 2016), Wie in der Methode vorgeschlagen wurde unter Verwendung von Abstandslinien (Puffer) zu den Uferlinien und der generierten Höhenlinien (Uferlinien + 3m) die Gefällsklassen bestimmt. Es wurde lediglich eine Anpassung vorgenommen, die nachfolgend dokumentiert ist. Für die Zürichseeinsel war die Gefällsklasse nicht bestimmbar, da die Insel zu klein ist.

#### Ufertyp 1: Strassen oder Bahnen

Im vorliegenden Beispiel ist der Uferbereich sehr flach und wird von der Bahnlinie begrenzt. Die Hilfslinie  $h+3$  (grau) liegt innerhalb des 75 m Bereiches, dies würde die Beurteilung «flach» ergeben. Die Bewertung wurde aber auf «sehr flach» angepasst, da das Gefälle durch den Bahndamm verändert ist und nicht dem Gefälle des eigentlichen Uferbereiches entspricht, was im Hinblick auf die Revitalisierungsplanung relevant sein kann.



### 3.2.12 C08: Ufertypische Vegetation

Die Erhebung der Ufertypischen Vegetation erfolgte gemäss der Methodik Ökomorphologie Seeufer (Niederberger et al. 2016). Die folgenden Bilder zeigen verschiedene Attributsausprägungen. Es handelt sich beim Attribut C08 um eine Zusatzinformation, welche nicht in die Bewertung einfließt.

#### Ufertypische Vegetation 1: Fehlend

Ufervegetation fehlend. Ohne Bewertung.



#### Ufertypische Vegetation 2: Sukzession

Sukzession Flachmoor/Ried am Pfäffikersee. Ohne Bewertung.



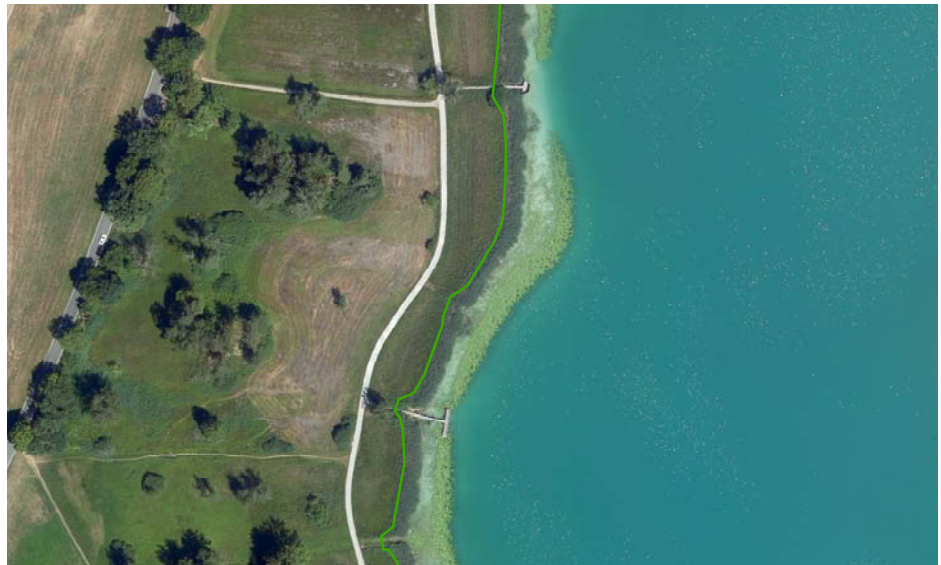
### 3.2.13 D01: Nutzung im Hinterlandstreifen

Die Erhebung der Nutzung im Hinterlandstreifen erfolgte gemäss der Methodik Ökomorphologie Seeufer (Niederberger et al. 2016). Für die Insel im Zürichsee ist dieser Parameter nicht bestimmbar. Die folgenden Bilder zeigen verschiedene Attributsausprägungen.

#### Hinterlandstreifen

##### 1: Geringe Nutzung

Geringe Verkehrsinfrastruktur im Hinterlandstreifen. Schmalere Pfad. Bewertung grün.



#### Hinterlandstreifen

##### 2: Intensive Nutzung

Intensive Freizeitnutzung im Hinterlandstreifen. Bewertung orange.



### 3.2.14 D02: Hinterland-Übergangsvegetation

Die Erhebung der Hinterland-Übergangsvegetation erfolgte gemäss der Methodik Ökomorphologie Seeufer (Niederberger et al. 2016). Für die Insel im Zürichsee ist dieser Parameter nicht bestimmbar. Die folgenden Bilder zeigen verschiedene Attributsausprägungen.

#### Hinterland-Übergangsvegetation 2: <15 m

Übergangsvegetation im Hinterlandstreifen mit weniger als 15 Meter an den Uferstreifen anschliessend. Bewertung rot.



### **3.2.15 E01: Sohlenveränderungen in der Flachwasserzone**

Grundsätzlich erfolgte die Erhebung der Sohlenveränderungen gemäss der Methodik Ökomorphologie Seeufer (Niederberger et al. 2016). Die vorgenommenen Anpassungen werden nachfolgend beschrieben.

An verschiedenen Abschnitten im Uferbereich kommen Schüttungen mit relativ grobem, abgerundeten Material (Grobkies) vor. Gegenüber eines Zustandes mit verbauter Uferlinie sind diese Strände ökomorphologisch aufgewertet. Jedoch ist die Wahl des Materials nicht ökologisch begründet, sondern soll eine gute Zugänglichkeit für Badende ermöglichen. Die Korngrösse ist einheitlich und es fehlen feine Fraktionen, wodurch trotzdem eine ökomorphologische Beeinträchtigung vorliegt. Solche Schüttungen wurden als «Kies(vor)schüttung standortfremd» beurteilt.

Schüttungen von Sand in Seebädern wurden ebenfalls als «Kies(vor)schüttung standortfremd» erhoben, wobei die Materialbeschaffenheit, soweit erkennbar, im Bemerkungsfeld beschrieben wurde.

Bei Ausbaggerungen von Häfen wurde, wenn angenommen werden musste, dass der Hafen ganz oder teilweise durch landseitige Ausbaggerungen entstanden ist, in den Bemerkungen darauf hingewiesen

### **3.2.16 E02: Anlagen und Strukturen in der Flachwasserzone**

Grundsätzlich erfolgte die Erhebung der Anlagen und Strukturen gemäss der Methodik Ökomorphologie Seeufer (Niederberger et al. 2016). Die in der Methode zur Auswahl stehenden Attributausprägungen werden aufgrund ihrer Wirkungsintensität einer Zustandsbewertungsklasse zugeordnet. Es treten aber insbesondere am Zürichsee Uferabschnitte auf, an welchen die passendste Attributausprägung nicht mit der vorgegebenen Wirkungsintensität übereinstimmt. In diesen Fällen wurden die Abschnitte einer anderen Zustandsbewertungsklasse zugeordnet. Die Methode ermöglicht dies mittels Verwendung der Attributausprägungen «Weitere» (z.B. «FWZ mit ausgeprägter Nutzung: Weitere»). Dort, wo diese Ausprägungen in Abweichung zu einer vordefinierten Ausprägung verwendet wurden, wird im Bemerkungsfeld darauf hingewiesen.

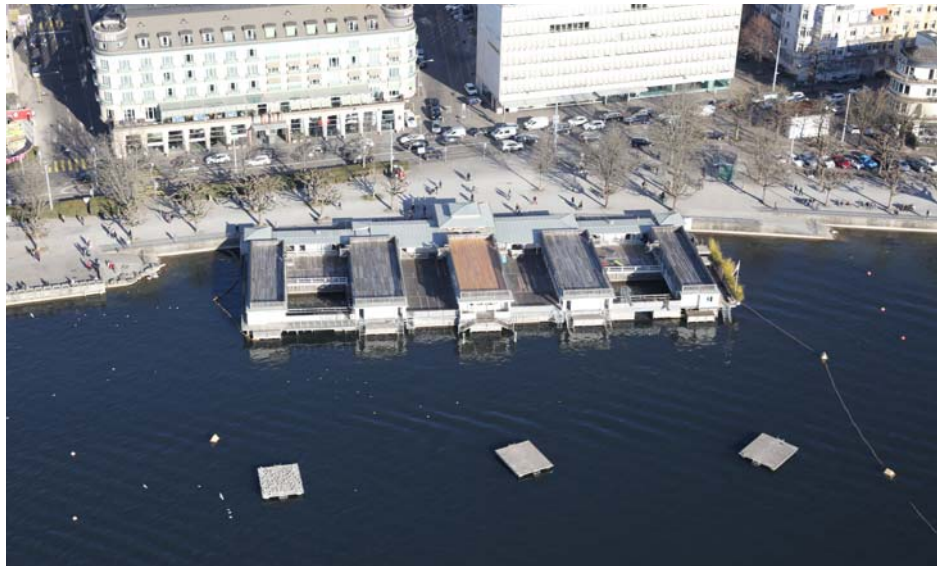
Ein Beispiel für dieses Vorgehen ist die Bewertung der Badi Utoquai. Von den vordefinierten Ausprägungen kommt in erster Linie «Gebäude (auf Pfählen)»<sup>1</sup> in Frage, welche jedoch lediglich eine Bewertung von 0.5 (gelb) aufweist. Die Badi Utoquai nimmt eine grosse Fläche ein, wird getragen von einer Vielzahl von massiven Pfählen und liegt mit den beiden Becken tief im Wasser. Die Wirkung ist daher eher vergleichbar mit der Attributausprägung «Brücken- oder Strassenbauwerke in der Flachwasserzone». In diesem Fall wurde die Bewertung «FWZ mit ausgeprägter Nutzung: Weitere» gewählt, welche einer Bewertung von 0.25 (orange) entspricht.

---

<sup>1</sup> Die Ausprägung «Gebäude (auf Pfählen)» wurde bei Gebäuden verwendet, welche eine relativ schwache Kompartimentierung und Beschattung verursachen.

**Anlagen FWZ 1:  
Wirkung**

Anpassung der Beurteilung aufgrund der Wirkungsintensität von «Gebäude auf Pfählen» (gelb) auf «FWZ mit ausgeprägter Nutzung: Weitere» (orange). Gelb: Uferlinie.



Ein weiteres Beispiel für dieses Vorgehen findet sich am Türlensee, wo sich zwei Häuser in der Flachwasserzone befinden. Diese stehen vorne auf niedrigen Pfählen, hinten auf einem Fundament. Vorgelagert hat es Stege, seitlich bei einem der Häuser einen Platz. Aufgrund der starken Kompartimentierung (Unterbindung Strömung, Stoffflüsse) und der massiven Belegung der Flachwasserzone wurde die Ausprägung E02.0505 (Flachwasserzone mit starker Nutzung: Weitere) gewählt, da die Nutzungsintensität über die eines typischen Bootshauses hinausgeht.

**Anlagen FWZ 2:**

**Wirkung**

Anpassung der Beurteilung aufgrund der Wirkung auf «Flachwasserzone mit starker Nutzung; Weitere» (rot). Gelb: Uferlinie.



**3.2.17 E03: Ausdehnung der Flachwasserzone**

Zur Festlegung der 4 m Tiefenlinie, welche die Flachwasserzone begrenzt, werden in der Methode (Niederberger et al. 2016) vier Möglichkeiten empfohlen.

1. Ein deutlicher **Farbwechsel** ist auf vielen Orthophotos nicht erkennbar oder es ist ersichtlich, dass der Farbwechsel in einer Wassertiefe liegt, welche deutlich seichter ist als 4 m. Auch sind die Unterschiede in den Farben bzw. in der Sichttiefe in den Orthophotos verschiedener Jahre und verschiedener Seen aufgrund des Aufnahmezeitpunktes und der Prozesse im See (Wassertrübung) gross. Für jeden See wurden die Orthophotos verschiedener Jahre sowie Bildmaterial von Google-Maps beigezogen. War ein geeignetes Foto mit gut erkennbarem Übergang vorhanden, wurde die 4 m Tiefenlinie mit diesem Vorgehen festgelegt. Um die Tiefe des farblichen Übergangs zu überprüfen, wurden im Zürichsee, Greifensee und

Pfäffikersee zusätzlich Daten aus *in-situ* Tiefenmessungen einer Vielzahl von See-Grunduntersuchungen durch AquaPlus hinzugezogen.

2. **Bathymetrische Seebodenmodelle** liegen im Kanton Zürich nur für den Zürichsee vor, wobei bei diesen Modellen der Bereich flacher als 5 m Tiefe nicht oder sehr ungenau wiedergegeben ist. LIDAR Messungen sind nicht vorhanden. Aus diesem Grund konnten keine bathymetrischen Daten verwendet werden.

3. Die **Höhenlinien der Landeskarte** wurden berücksichtigt, falls eine Tiefenlinie im Bereich der relevanten 4 m Tiefenlinie dargestellt war oder falls daraus Hinweise auf die allgemeine Ausdehnung der Flachwasserzone abgeleitet werden konnten. An keinem der Seen konnte aber eine Tiefenlinie direkt aus der Landeskarte verwendet werden.

4. Eine **Extrapolation der landseitigen Ufertopografie** wurde bei den Toteisseen vorgenommen, welche sehr flache und verlandende Uferabschnitte aufweisen. Auf dieser Grundlage wurde die Ausdehnung der Flachwasserzone grob in die fünf Kategorien eingeteilt, falls keine der anderen Herangehensweisen zweckmässig war. Dabei wurden die Kenngrössen der Seen (maximale Tiefe, durchschnittliche Tiefe, Volumen, Oberflächen zu Volumen-Verhältnis) ebenfalls berücksichtigt.

Die Klassierung der Ausdehnung erfolgte auf Basis der festgelegten 4 m Tiefenlinie gemäss der Methodik Ökomorphologie Seeufer (Niederberger et al. 2016).

### 3.2.18 E04: Emerse Vegetation der Flachwasserzone

Die Erhebung der emersen Vegetation erfolgte gemäss der Methodik Ökomorphologie Seeufer (Niederberger et al. 2016). Die emerse Vegetation der Flachwasserzone wurde anhand der Orthophotos erhoben. An gewissen Uferabschnitten mit geringem Vorkommen von emerse Vegetation in isolierten Beständen wurden Schrägluftbilder zur Abgrenzung zu Hilfe genommen. Heterogene Bestände mit stark schwankender Ausdehnung und vielen Lücken (Badezugänge, Stege, kleine Boote) wurden teilweise zu längeren homogenen Abschnitte zusammengefasst.

Es kommen Uferabschnitte vor, an welchen der Schilfgürtel nicht von der Uferlinie aus bemessen werden kann, da er der Uferlinie vorgelagert vorkommt (vor Bootshäusern, als Restbestand auf Inseln im Wasser). An diesen Standorten wurde die tatsächliche Ausdehnung senkrecht zur Uferlinie ausgeschieden, um die Kategorie der Ausdehnung festzulegen.

Viele naturnahe Uferabschnitte weisen einen gemischten Bestand aus Schilfgürtel und Ufergehölzen auf. Dort, wo aufgrund der Dichte der Ufergehölze keine emerse Vegetation mehr erkannt werden konnte, wurde die Kategorie «kein emerse Bewuchs» gewählt und mit einer Bemerkung darauf hingewiesen, dass vermutlich zwischen den Gehölzen emerse Bewuchs auftritt.

### 3.3 Bewertung

Die Bewertung des ökomorphologischen Zustandes der Seeufer wurde gemäss der Methodik Ökomorphologie Seeufer (Niederberger et al. 2016) durchgeführt und mit den BAFU-Tools vorgenommen. Es wurden lediglich die «zero length» Abschnitte in der Tabelle «Zielerreichungsgrade» gelöscht.

Demnach basiert die Bewertung des ökomorphologischen Zustandes der Seeufer auf:

- den erhobenen Attributen mit ihren Ausprägungen
- einer Zielhierarchie
- sogenannten Wert- und Aggregationsfunktionen

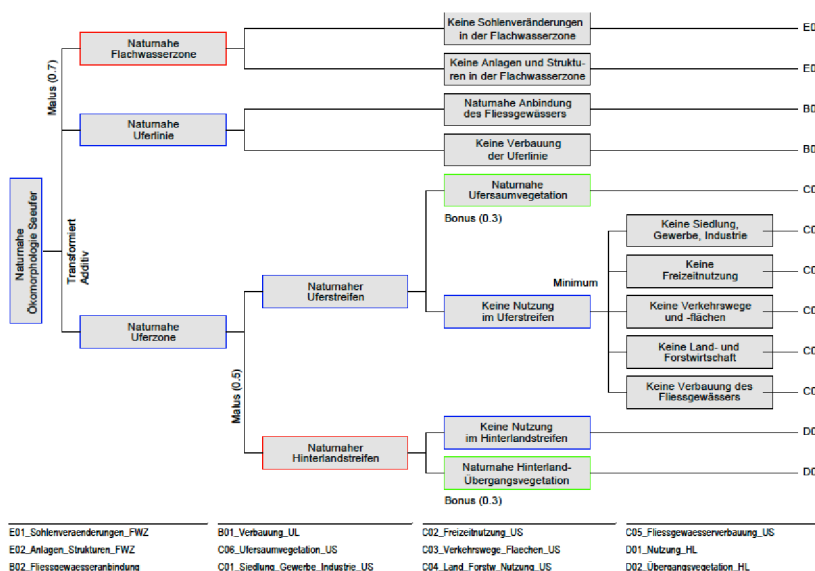
#### 3.3.1 Zielhierarchie

Die ökomorphologische Bewertung des Ist-Zustands der Seeufer orientiert sich am Referenzzustand «Naturnahe Ökomorphologie des Seeufers» und bewertet die Abweichung des aktuellen Zustandes vom naturnahen Zustand.

Das oberste Ziel «Naturnahe Ökomorphologie des Seeufers» wird hierarchisch in Unterziele aufgeschlüsselt, welche zusammen alle wesentlichen Aspekte des Oberziels beinhalten, siehe Abbildung «Bewertung 1: Zielhierarchie». Auf der zweitobersten Hierarchieebene finden sich die drei Uferkompartimente «Uferlinie», «Uferzone» und «Flachwasserzone». Die erhobenen Attribute entsprechen dem untersten hierarchischen Niveau.

#### Bewertung 1: Zielhierarchie

Zielhierarchie und verwendete Aggregationsverfahren zur Bewertung des ökomorphologischen Zustandes der Seeufer gemäss Niederberger et al. 2016. Abbildung übernommen aus Niederberger et al. 2016.



### 3.3.2 Wertfunktionen und Aggregationsfunktionen

Die Wertfunktionen ordnen jedem (Unter-)Ziel in Abhängigkeit der Attributausprägungen einen Wert zwischen 0 und 1 zu, welcher den Grad der Zielerreichung bzw. die Bewertung darstellt.

Für die Aggregation der Zielerreichungsgrade werden verschiedene Aggregationsfunktionen verwendet. Die Wahl der Aggregationsfunktion hängt davon ab, zu welchem Grad sich eine schlechte Erfüllung eines Unterzieles durch die gute Erfüllung eines anderen Unterzieles kompensieren lässt. Bei der Methode gemäss Niederberger et al. 2016 erfolgen die Aggregationen nach vier verschiedenen Prinzipien:

- «Minimum»-Prinzip
- «Bonus»-Prinzip
- «Malus»-Prinzip
- «Transformiert-Additiv»-Prinzip






Erläuterungen dazu finden sich in Niederberger et al. (2016).

### 3.3.3 Klassifizierung

Die Resultate können auf jeder Hierarchieebene dargestellt werden. Sie widerspiegeln jeweils den Zielerreichungsgrad und werden in fünf Qualitätsklassen von 0 bis 1 nach folgendem Schema eingeteilt:

#### Bewertung 2: Klassifizierung

Einteilung der numerischen Zustandsbewertungen in Klassen der Zielerreichung und Darstellung der Bewertung gemäss Niederberger et al. 2016.

Wert	Klasse	Zielerreichungsgrad / Bewertung	Farbe	Zustand
0.8 bis 1	I	sehr gut		naturnah, natürlich
0.6 bis <0.8	II	gut		wenig beeinträchtigt
0.4 bis <0.6	III	mässig		beeinträchtigt
0.2 bis <0.4	IV	unbefriedigend		naturfremd
0. bis <0.2	V	schlecht		künstlich

## 4 Beurteilung der Zürcher Seen

In nachfolgender Tabelle sind die Ergebnisse der Erhebung der Ökomorphologie Seeufer gemäss Niederberger et al. (2016) sowohl absout in Metern als auch prozentual pro See aufgeführt.

Am naturnahsten sind der Obere Chatzensee, der Grosse Husemersee und der Lützelsee. Auch der Bichelsee, der Untere Chatzensee und der Hüttnersee weisen eine grösstenteils naturnahe bis wenig beeinträchtigte Ökomorphologie auf. Die Ökomorphologie Seeufer von Pfäffikersee, Greifensee und Türlensee wird ebenfalls überwiegend mit naturnah bis wenig beeinträchtigt beurteilt. Wie erwartet weist der Zürichsee (inkl. der Zürichseeinsel) eine ökomorphologische Beurteilung auf, welche am deutlichsten vom naturnahen Zustand abweicht.

	Zürichsee	Insel Zürichsee	Türlensee	Greifensee	Pfäffikersee	Bichelsee	Unterer Chatzensee	Oberer Chatzensee	Grosser Husemersee	Hüttnersee	Lützelsee
Nr Uferlinie	0	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11
Länge [m]	63'187	122	3'744	16'974	8'456	1'307	1'935	1'579	1'228	1'957	2'258

### Klassifizierung Ökomorphologie Seeufer [m]

naturnah	680		528	7'942	5'897	624	1'217	1'429	1'150	1'339	2'043
wenig beeinträchtigt	2'185		2'121	4'923	762	502	445	147	31	280	25
beeinträchtigt	4'120	7	710	2'062	736	107	192	3	29	24	170
naturfremd	17'913	115	341	1'201	659	61	40		17	314	14
künstlich	38'288		44	846	403	13	41		1		5

### Klassifizierung Ökomorphologie Seeufer [%]

naturnah	1	0	14	47	70	48	63	90	94	68	91
wenig beeinträchtigt	3	0	57	29	9	38	23	9	3	14	1
beeinträchtigt	7	6	19	12	9	8	10	0	2	1	8
naturfremd	28	94	9	7	8	5	2	0	1	16	1
künstlich	61	0	1	5	5	1	2	0	0	0	0
Anteil naturnah / wenig beeinträchtigt [%]	4	0	71	76	79	86	86	100	96	83	92

### Beurteilung: Ergebnisse pro See

Ökomorphologische Beurteilung der untersuchten Seen, Angaben des Ökomorphologischen Zustandes absout in Metern und prozentual pro See.

## 5 Literatur

AWEL, 2019: Aktennotiz Ermittlung der Seeuferlinien der 8 grössten Seen im Kanton Zürich mittels GIS. 17 S.

Niederberger K., Rey P., Reichert P., Schlosser J., Helg U., Haertel-Borer S., Binde-  
rheim E., 2016: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Seen. Modul:  
Ökomorphologie Seeufer. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr.  
1632: 73 S.