



## Wassermanagement: Entscheiden trotz Unsicherheiten

12. August 2021 | Bärbel Zierl  
Themen: Biodiversität | Ökosysteme

**Entscheidungen in der Wassermanagementpraxis sind oft mit grossen Unsicherheiten verbunden. Die Quantifizierung und Kommunikation dieser Unsicherheit ist von entscheidender Bedeutung für die Unterstützung transparenter gesellschaftlicher Entscheide durch die Wissenschaft.**

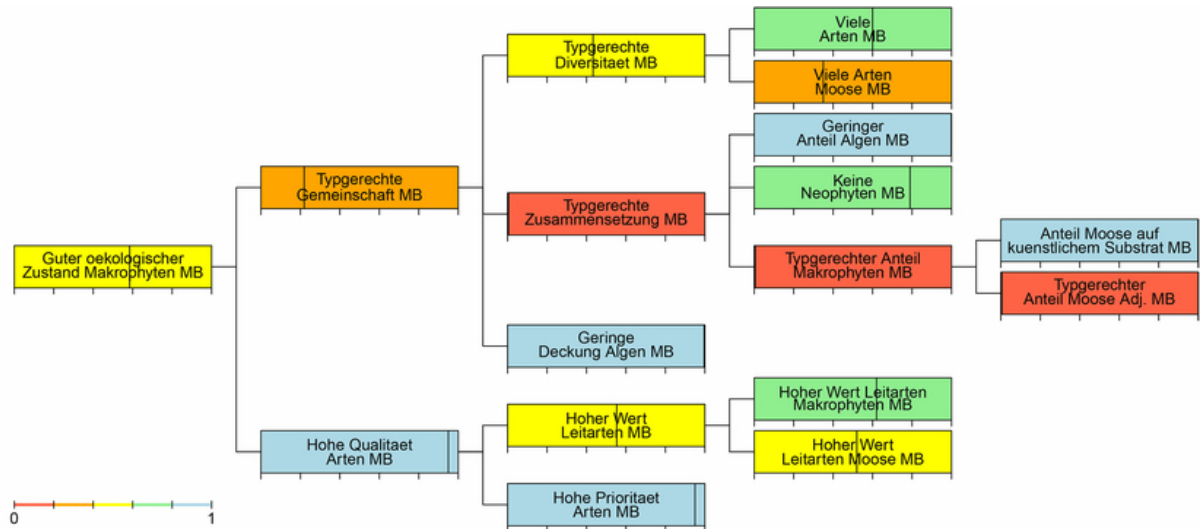
Wie kann die Forschung Entscheidungen in der Wassermanagementpraxis unterstützen, auch wenn vieles noch unsicher ist? Beim Managen von Flüssen sind etwa die Prognosen, welche Konsequenzen verschiedene Massnahmen haben werden, oft mit Unsicherheiten behaftet. Auch ist nicht immer klar, welcher Zustand bei Flussrevitalisierungsprojekten am Ende erreicht werden soll, denn die involvierten Akteure verfolgen teilweise unterschiedliche Ziele – etwa Erholung, Naturschutz, Hochwasserschutz, Fischfang oder Energiegewinnung – und beurteilen daher mögliche Resultate widersprüchlich. Dennoch gilt es am Ende, trotz der Unsicherheiten eine Entscheidung zu fällen.

### Entscheidungsunterstützung statt Handlungsempfehlungen

Die Forschung versucht in solchen Situationen, Verwaltung und Politik mit formalen Verfahren bei den Entscheidungen zu unterstützen. Statt Handlungsempfehlungen zu geben, ist es das Ziel dieser Verfahren, die Vielfalt an möglichen Massnahmen offen darzulegen und aufzuzeigen, welche der vorgeschlagenen oder neu entwickelten Alternativen die gesellschaftlichen Ziele bestmöglich erfüllen. So sollen die Gründe für die Entscheidungen transparent gemacht werden, um sie vor der Gesellschaft rechtfertigen zu können.

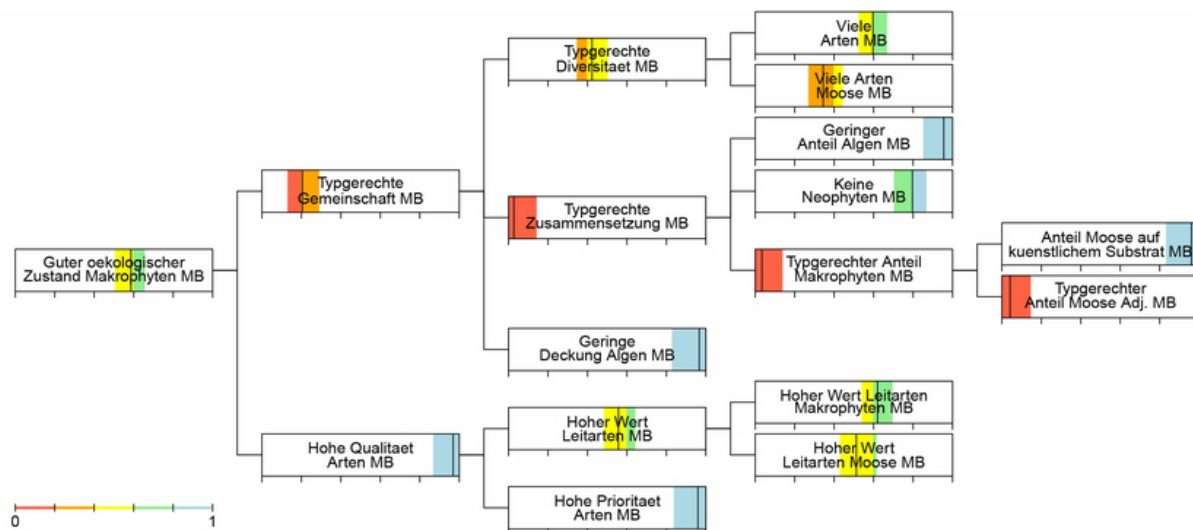
Die Forschenden nutzen dazu einerseits wissenschaftliche Prognosen, um die Konsequenzen der

Handlungsoptionen aufzuzeigen, zum Beispiel wie sich eine Flussrevitalisierung auf die Organismen im Gewässer, die Chemie und die Morphologie auswirkt. Andererseits kommen wissenschaftliche Methoden zum Einsatz, um die oft breite Palette an gesellschaftlichen Zielvorstellungen zu erfassen, strukturiert zu diskutieren und anschliessend ein klares Ziel zu formulieren. Denn oft steht am Anfang eines Flussrevitalisierungsprojekts nur ein eher vages Ziel, nämlich ein «guter Gewässerzustand». Doch was genau bedeutet das für die Fische im Fluss, für die Wirbellosen, die Wasserqualität und die morphologischen Merkmale? Mit qualitativen Analysen der verschiedenen Zielgrössen können die Forschenden die Entscheidungsträger und involvierten Akteure unterstützen, eine Zielhierarchie zu erstellen und schliesslich ein gemeinsames Ziel zu definieren.



**Abbildung 1: Zielhierarchie und Bewertung der Ziele auf allen Ebenen für die ökologische Bewertung der Makrophytengemeinschaft in einem Moosbach (MB) gemäss dem Modulstufenkonzept.** Das Oberziel eines guten ökologischen Zustandes bezüglich der Makrophyten (ganz links im Bild) wird schrittweise in Unterziele aufgeteilt. Die vertikale Linie in jeder Box zeigt die Zielerreichung jedes Unterziels auf einer Skala von Null bis Eins wie links unten illustriert. Die Zielerreichungsgrade können dann etwas gröber in Zustandsklassen eingeteilt werden (schlecht – rot; unbefriedigend – orange; mässig – gelb; gut – grün; sehr gut – blau).

**Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer**



**Abbildung 2:** Illustration, wie die Unsicherheit der Bewertung grafisch dargestellt werden könnte. Die Zielhierarchie und Bewertung entspricht der Abbildung 1. Anstelle der Übersetzung der numerischen Bewertung in die entsprechende Zustandsklasse (repräsentiert durch die Farbe der Box in Abbildung 1) ist hier ein 95% Vertrauensintervall dargestellt, das entsprechend der unten links dargestellten Zustandsklassen eingefärbt ist. Man erkennt, dass etwa das Oberziel (ganz links) zu einer wesentlichen Unsicherheit für die Zustandsklasse führt, da die beste Schätzung für die Bewertung nahe bei der Klassengrenze zwischen der gelben (mässigen) und grünen (guten) Klasse liegt. Bei anderen Zielen, etwa bei den Unterzielen ganz rechts im Bild wirkt sich die Unsicherheit der Bewertung kaum auf die Zustandsklasse aus.

### Der Schritt von qualitativen zu quantitativen Entscheidungsunterstützung

Für kleinere Entscheidungsprojekte ist eine qualitative Analyse meist ausreichend. Wenn es jedoch um grössere oder mehrere ähnliche Projekte geht, wünschen Verwaltung und Politik oft genauere Aussagen. Auch für die Entwicklung des Modulstufenkonzepts, einer Methode für die kantonalen Gewässerschutzfachstellen, um Fliessgewässer systematisch zu untersuchen und zu bewerten, sind präzisere Analysen vorteilhaft. Verantwortliche vom Bundesamt für Umwelt BAFU haben daher in den vergangenen Jahrzehnten gemeinsam mit Forschenden der Eawag und Mitarbeitenden kantonalen Gewässerschutzämter und Umweltberatungsbüros solche Methoden erarbeitet. In den letzten Jahren wurden erste derartige Verfahren basierend auf einer Zielhierarchie und der Bewertung des Grades der Zielerreichung formuliert. Im Modulstufenkonzept sind das bisher die Module für die Makrophytenbewertung von Fliessgewässern und für die morphologische Bewertung von Seeufern.

### Unsicherheiten quantifizieren und verständlich kommunizieren

Gelingt es, Prognosen und gesellschaftliche Werte mithilfe mathematischer Formeln zu quantifizieren, bleibt das Problem, dass jetzt zwar präzisere Aussagen vorliegen, diese aber weiterhin die in der Grundproblematik innewohnenden Unsicherheiten beinhalten. Diese mathematischen Unsicherheiten klar und verständlich zu formulieren und zu kommunizieren, ist eine der grossen Herausforderungen, vor der die Forschung steht – nicht nur im Umweltmanagement.



```

odHRwOi8vd3d3LnczLm9yZy8yMDAwL3N2ZylgeG1sbnM6eGxpbnM5Imh0dHA6Ly93d3cudz
Mub3JnLzE5OTkveGxpbnM5Ilhg9ljBweClgeT0iMHB4liB2aWV3Qm94PSlwIDA gMTI gMTIiIHN
0eWxlPSJlbnFibGUtYmFja2dyb3VuZDpuZXcgMCAwIDEyOyOylgeG1sOnNwYWNIP SJwc
mVzZXJ2ZSI+PHN0eWxlIHR5cGU9InRleHQvY3Nzlj4uc3Qwe2ZpbGw6lzg4ODg4ODt9PC9z
dHlsZT48cGF0aCBpZD0iQm9yZGVyYliBjBGFzc0ic3QwliBkPSJNMTEsMTFIMFYwaDExVjEx
eiBNMTAsMUgxdjloOVYxeilvPjxnIGlkPSJJbm5lcil+PHJlY3QgeD0iMilgeT0iNSIgy2xhc3M9In
N0MCIgd2lkGg9ljciGhlaWdodD0iMSlvpjxyZWN0IHg9ljUilHk9ljliIGNsYXNzPSJzdDAiIHdpZ
HRoPSlxiBoZWlnaHQ9ljciLz48L2c+PC9zdmc+);display:inline-block}.extbase-debugger-tree
input:checked~.extbase-debug-content{display:inline}.extbase-debugger-tree input:checked~.
extbase-debug-header:before{background-image:url(data:image/svg+xml;base64,PD94bWwg
dmVyc2lvbj0iMS4wIiBlbnNvZGluc2VudXRmLTgiPz48c3ZnIHZlcnNpb249IjEuMSIgaWQ9IkViZ
W5lXzEiIHhtbG5zPSJodHRwOi8vd3d3LnczLm9yZy8yMDAwL3N2ZylgeG1sbnM6eGxpbnM5Imh0dHA6Ly93d3cudz
Mub3JnLzE5OTkveGxpbnM5Ilhg9ljBweClgeT0iMHB4liB2aWV3Qm94P
SlwIDA gMTI gMTIiIHN0eWxlPSJlbnFibGUtYmFja2dyb3VuZDpuZXcgMCAwIDEyOyOylgeG
1sOnNwYWNIP SJwcmVzZXJ2ZSI+PHN0eWxlIHR5cGU9InRleHQvY3Nzlj4uc3Qwe2ZpbGw6
lzg4ODg4ODt9PC9zdHlsZT48cGF0aCBpZD0iQm9yZGVyYliBjBGFzc0ic3QwliBkPSJNMTEsMT
TFIMFYwaDExVjExeiBNMTAsMUgxdjloOVYxeilvPjxnIGlkPSJJbm5lcil+PHJlY3QgeD0iMilgeT
0iNSIgy2xhc3M9InN0MCIgd2lkGg9ljciGhlaWdodD0iMSlvpjwvZz48L3N2Zz4=)}.extbase-
debugger{display:block;text-align:left;background:#2a2a2a;border:1px solid #2a2a2a;box-
shadow:0 3px 0 rgba(0,0,0,.5);color:#000;margin:20px;overflow:hidden;border-radius:4px}.ext
base-debugger-floating{position:relative;z-index:999}.extbase-debugger-
top{background:#444;font-size:12px;font-family:monospace;color:#f1f1f1;padding:6px
15px}.extbase-debugger-center{padding:0 15px;margin:15px 0;background-image:repeating-
linear-gradient(to bottom,transparent 0,transparent 20px,#252525 20px,#252525
40px)}.extbase-debugger-center,.extbase-debugger-center .extbase-debug-string,.extbase-
debugger-center a,.extbase-debugger-center p,.extbase-debugger-center pre,.extbase-
debugger-center strong{font-size:12px;font-weight:400;font-family:monospace;line-
height:20px;color:#f1f1f1}.extbase-debugger-center pre{background-color:transparent;margin:
0;padding:0;border:0;word-wrap:break-word;color:#999}.extbase-debugger-center .extbase-
debug-string{color:#ce9178;white-space:normal}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
type{color:#569CD6;padding-right:4px}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
unregistered{background-color:#dce1e8}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
filtered,.extbase-debugger-center .extbase-debug-proxy,.extbase-debugger-center .extbase-
debug-ptype,.extbase-debugger-center .extbase-debug-visibility,.extbase-debugger-center
.extbase-debug-scope{color:#fff;font-size:10px;line-height:12px;padding:2px 4px;margin-
right:2px;position:relative;top:-1px}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
scope{background-color:#497AA2}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
ptype{background-color:#698747}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
visibility{background-color:#698747}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
dirty{background-color:#FFFFB6}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
filtered{background-color:#4F4F4F}.extbase-debugger-center .extbase-debug-seeabove{text-
decoration:none;font-style:italic}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
property{color:#f1f1f1}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
closure{color:#9BA223;}Extbase Variable Dumparray(2 items) publications => '21027' (5
chars) libraryUrl => " (0 chars) Extbase Variable Dumparray(1 item) 0 =>
Snowflake\Publications\Domain\Model\Publicationprototypepersistent entity (uid=21027,
pid=124) originalId => protected21027 (integer) authors => protected'Reichert,&nbsp;P.' (17
chars) title => protected'Towards a comprehensive uncertainty assessment in environmental

```

research and

decision support' (93 chars) journal => protected'Water Science and Technology' (28 chars) year => protected2020 (integer) volume => protected81 (integer) issue => protected'8' (1 chars) startpage => protected'1588' (4 chars) otherpage => protected'1596' (4 chars) categories => protected'Bayesian inference; decision analysis; environmental decision support; expect

ted expected utility; imprecise probabilities; stochastic models' (140 chars) description => protected'Uncertainty quantification is very important in environmental management to allow decision makers to consider the reliability of predictions of the consequences of decision alternatives and relate them to their risk attitudes and the uncertainty about their preferences. Nevertheless, uncertainty quantification in environmental decision support is often incomplete and the robustness of the results regarding assumptions made for uncertainty quantification is often not investigated. In this article, an attempt is made to demonstrate how uncertainty can be considered more comprehensively in environmental research and decision support by combining well-established with rarely applied statistical techniques. In particular, the following elements of uncertainty quantification are discussed: (i) using stochastic, mechanistic models that consider and propagate uncertainties from their origin to the output; (ii) profiting from the support of modern techniques of data science to increase the diversity of the exploration process, to benchmark mechanistic models, and to find new relationships; (iii) analysing structural alternatives by multi-model and non-parametric approaches; (iv) quantitatively formulating and using societal preferences in decision support; (v) explicitly considering the uncertainty of elicited preferences in addition to the uncertainty of predictions in decision support; and (vi) explicitly considering the ambiguity about prior distributions for predictions and preferences by using imprecise probabilities. In particular, (v) and (vi) have mostly been ignored in the past and a guideline is provided on how these uncertainties can be considered without significantly increasing the computational burden. The methodological approach to (v) and (vi) is based on expected utility theory, which extends expected utility theory to the consideration of uncertain preferences, and on imprecise, intersubjective Bayesian probabilities.' (1969 chars)

serialnumber => protected'0273-1223' (9 chars) doi => protected'10.2166/wst.2020.032' (20 chars) uid => protected21027 (integer) \_localizedUid => protected21027 (integer)modified \_languageUid => protectedNULL \_versionedUid => protected21027 (integer)modified pid => protected124 (integer) Reichert, P. (2020) Towards a comprehensive uncertainty assessment in environmental research and decision support, *Water Science and Technology*, 81(8), 1588-1596, [doi:10.2166/wst.2020.032](https://doi.org/10.2166/wst.2020.032), [Institutional Repository](#)

## Links

REFORM

Modulstufenkonzept

## Kontakt



**Bärbel Zierl**

Wissenschaftsredaktorin

Tel. +41 58 765 6840

[baerbel.zierl@eawag.ch](mailto:baerbel.zierl@eawag.ch)

<https://www.eawag.ch/de/info/portal/aktuelles/newsarchiv/archiv-detail/wassermanagement-entscheiden-trotz-unsicherheiten>