

# Analyse der Fremdstoffe und Elemente im Wasserpflanzenenerntegut

Andreas Zehnsdorf, Lucie Moeller

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung-UFZ

Department Umwelt- und Biotechnologisches Zentrum

# Analyse der Fremdstoffe und Elemente im Wasserpflanzenerntegut



Fotos: A. Künzelmann



Aquatische Makrophyten vermehren sich oft rasant, wodurch die Flachwasserbereiche besiedelter Seen in kurzer Zeit vollkommen zuwachsen können.

# Analyse der Fremdstoffe und Elemente im Wasserpflanzenerntegut



Besonders aquatische Neophyten wie *Elodea nuttallii* können Pflanzenteppiche bilden, die für Schwimmer und Boote unpassierbar sind. Das schmälert deutlich die touristische Nutzung der Gewässer und führt zu finanziellen Verlusten bei den Betreibern.

Foto: Archiv Ruhrverband

# Analyse der Fremdstoffe und Elemente im Wasserpflanzenerntegut



Um die Nutzbarkeit von Seen und den Hochwasserschutz bei Fließgewässern zu gewährleisten, werden Entkrautungen durchgeführt.

Fotos: Firma Liegl und A. Zehnsdorf

# Analyse der Fremdstoffe und Elemente im Wasserpflanzenerntegut



Dabei kommen unterschiedliche Mähboottypen zum Einsatz.

Foto: A. Zehnsdorf

# Analyse der Fremdstoffe und Elemente im Wasserpflanzenerntegut



Foto: A. Zehnsdorf

# Analyse der Fremdstoffe und Elemente im Wasserpflanzenerntegut



Foto: M. Liegl

## Wasserpflanzenbiomasse als Rohstoff?

### Kernfragen dieser Untersuchung:

1. Wie ist die Zusammensetzung des Erntegutes aus der Wasserpflanzenernte?
  - Pflanzenarten
  - Störstoffe
  - Nährstoffe und Elemente
  - Gaspotenzial, Methangehalt
2. Welche weiteren interessanten Inhaltsstoffe sind in der Biomasse enthalten?
3. Was kann man mit dieser Biomasse noch Sinnvolles machen?

# Analyse der Fremdstoffe und Elemente im Wasserpflanzenerntegut

## Welche Qualität hat dieses Erntegut?

- 35 Wasserpflanzenproben von Entkrautungsmaßnahmen mit Mähboot untersucht
- aus 11 Bundesländer
- 19 verschiedenen Pflanzenarten  
(*Sparganium sp.*, *Phragmites australis*, *Elodea nuttallii*, *Elodea canadensis*, *Lemna minor*)
- Sedimentanteil: 25 Proben unter 1 % der TS, vier Proben Werte höher 3 %, in einem Fall 13,4 %
- Parameter der Pflanzenbiomasse
  - Trockenmasse der Biomasse zwischen 5 und 36 %
  - Organikgehalt durchschnittlich bei  $81,9 \pm 9,6$  % TS
  - C/N-Verhältnis von 10,8 bis 34,6
  - Elementespektrum



Photo: Albert Stoll

# Analyse der Fremdstoffe und Elemente im Wasserpflanzenerntegut

**#17 Segge** (*Carex sp.*),  
**Igelkolben** (*Sparganium sp.*),  
**Sumpfschwertilie** (*Iris pseudacorus*)



Igelkolben  
(*Sparganium sp.*)

TS = 13 % FM  
 oTS = 89 % TS  
 C: 430 g/kg TS  
 N: 24 g/kg TS  
 P: 2,4 g/kg TS

**#3 Igelkolben**  
 (*Sparganium sp.*)



Igelkolben  
(*Sparganium sp.*)

TS = 12 % FM  
 oTS = 84 % TS  
 C: 398 g/kg TS  
 N: 27 g/kg TS  
 P: 3,4 g/kg TS

**#20 Flutender Wasserhahnenfuß**  
 (*Ranunculus fluitans*),  
**Wasserlinse**  
 (*Lemna minor*)



Flutender Wasserhahnenfuß  
(*Ranunculus fluitans*)

TS = 8 % FM  
 oTS = 86 % TS  
 C: 416 g/kg TS  
 N: 30 g/kg TS  
 P: 2,8 g/kg TS

**#22 Flutender Wasserhahnenfuß**  
 (*Ranunculus fluitans*)



Flutender Wasserhahnenfuß  
(*Ranunculus fluitans*)

TS = 8 % FM  
 oTS = 81 % TS  
 C: 383 g/kg TS  
 N: 34 g/kg TS  
 P: 3,4 g/kg TS

**#16 Wasserpest**  
 (*Elodea nuttallii*)



Wasserpest  
(*Elodea nuttallii*)

TS = 6 % FM  
 oTS = 80 % TS  
 C: 354 g/kg TS  
 N: 33 g/kg TS  
 P: 5,5 g/kg TS

**#19 Großes Nixenkraut** (*Najas marina*)



Großes Nixenkraut  
(*Najas marina*)

TS = 5 % FM  
 oTS = 78 % TS  
 C: 367g/kg TS  
 N: 20 g/kg TS  
 P: 1,6 g/kg TS

**#23 Breitblättriger Rohrkolben** (*Typha latifolia*),  
**Teichsimse** (*Schoenoplectus lacustris*)



Links: Breitblättriger Rohrkolben  
(*Typha latifolia*)  
 Rechts: Teichsimse  
(*Schoenoplectus lacustris*)

TS = 9 % FM  
 oTS = 94 % TS  
 C: 398 g/kg TS  
 N: 18 g/kg TS  
 P: 0,5 g/kg TS



**Standorte der 26 Wasserpflanzen-Probenahmen 2015 mit Proben-Nummer**

- Fließgewässer
- Stillgewässer

**Naturräumliche Großregionen**

- Norddeutsches Tiefland
- Mittelgebirgsland
- Alpenvorland
- Alpen

Grafik: L. Moeller

# Analyse der Fremdstoffe und Elemente im Wasserpflanzenerntegut

Welche Qualität hat dieses Erntegut?

Sedimentgehalt / Erdanhaftungen

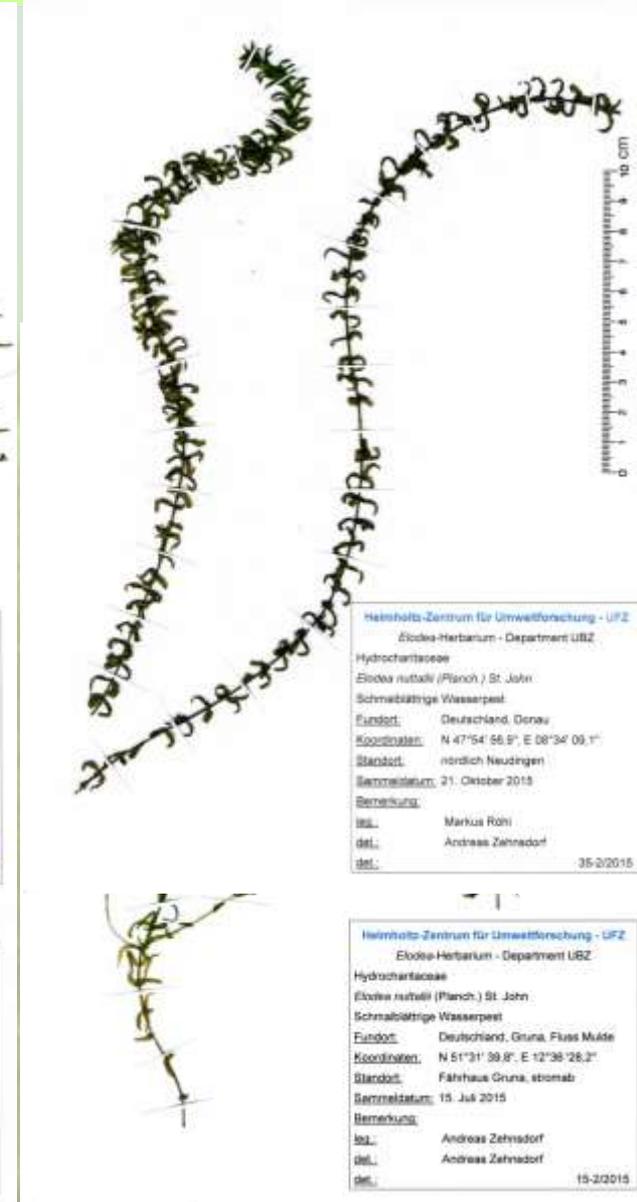
Silage	Sedimentgehalt [% TS] MW	Minimum [% TS]	Maximum [% TS]
Mais (n = 2)	1,75	1,30	2,20
Gras (n = 3)	3,17	1,10	6,40
Wasserpflanzen (n = 35)	1,58	0,09	13,40

# Analyse der Fremdstoffe und Elemente im Wasserpflanzenerntegut

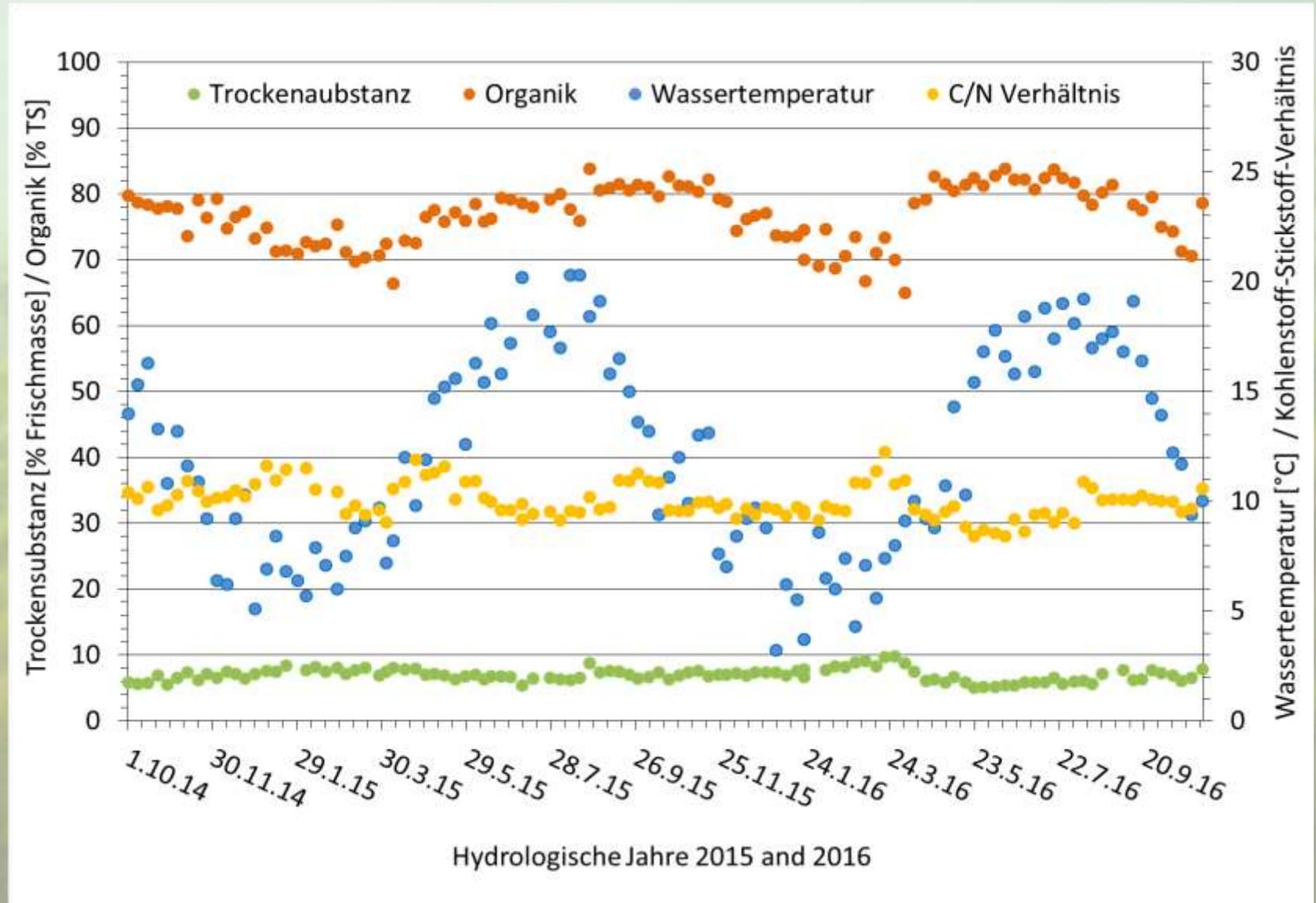


Datenerhebung im Gewässer

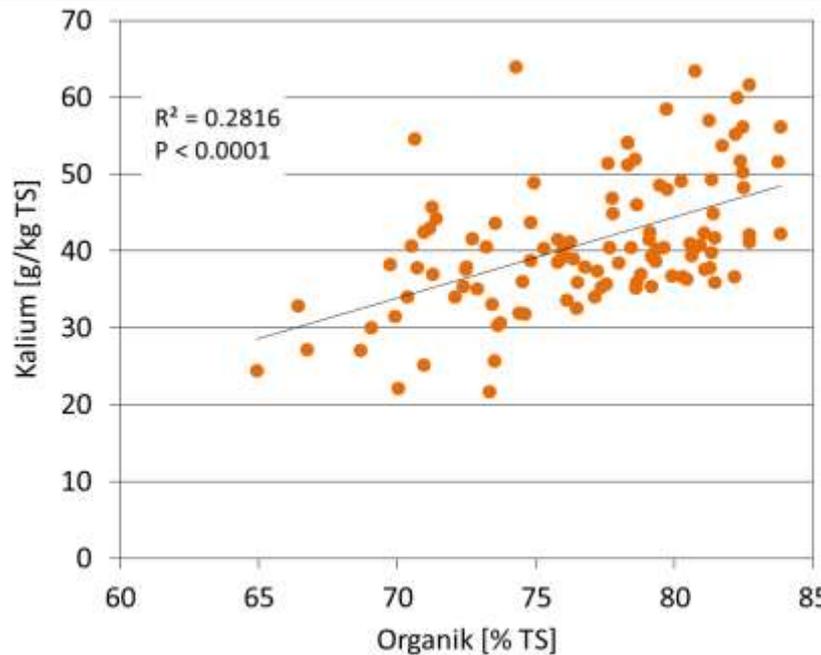
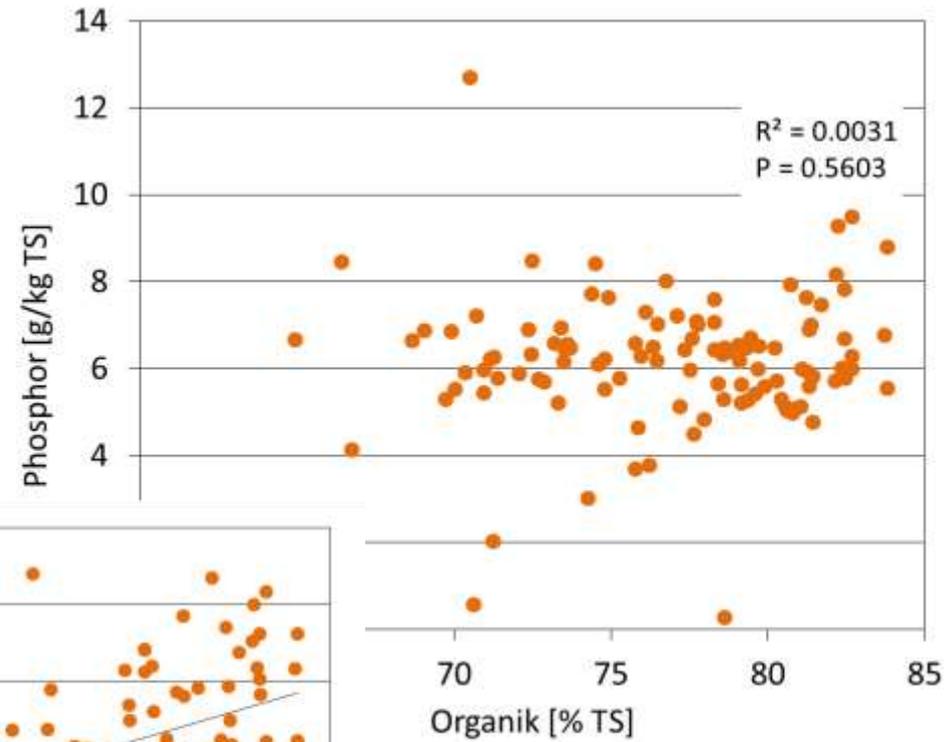
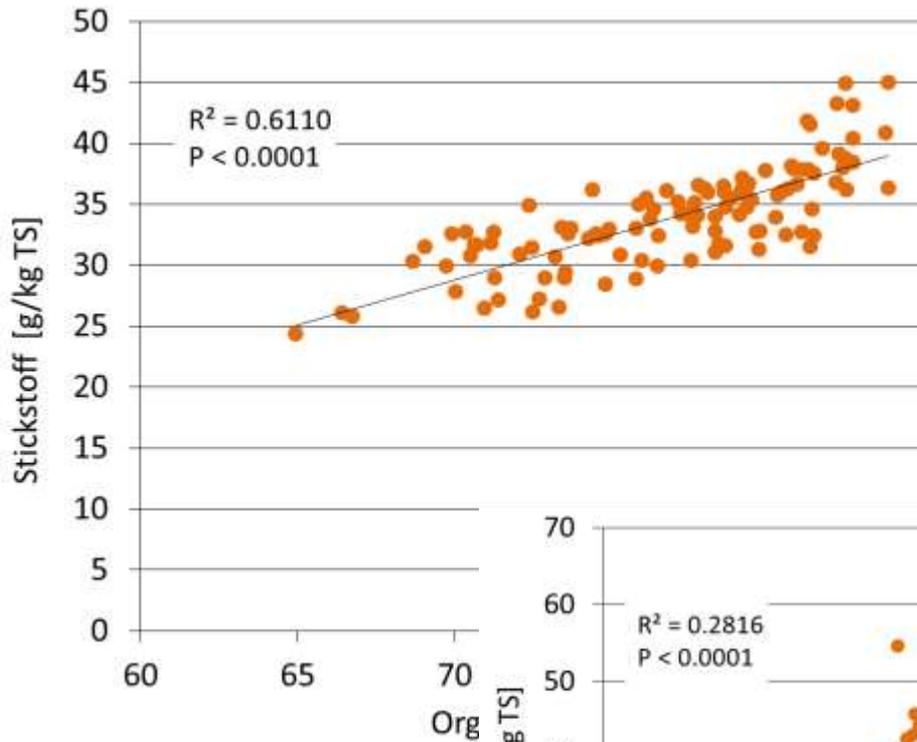
# Analyse der Fremdstoffe und Elemente im Wasserpflanzenenergiegut



# Analyse der Fremdstoffe und Elemente im Wasserpflanzenenergiegut



# Analyse der Fremdstoffe und Elemente im Wasserpflanzenenergiegut

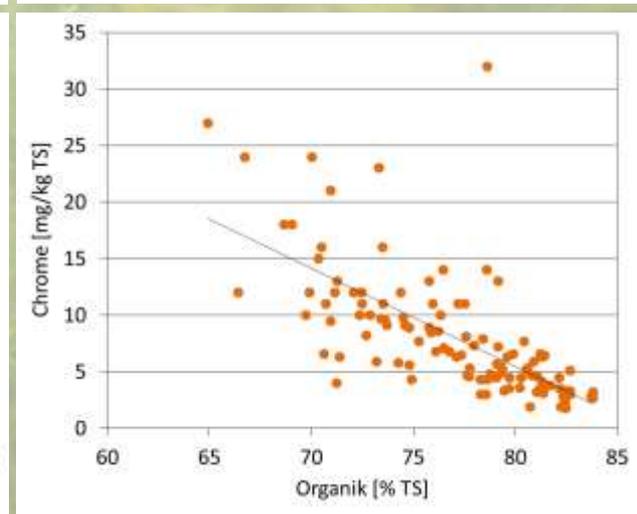
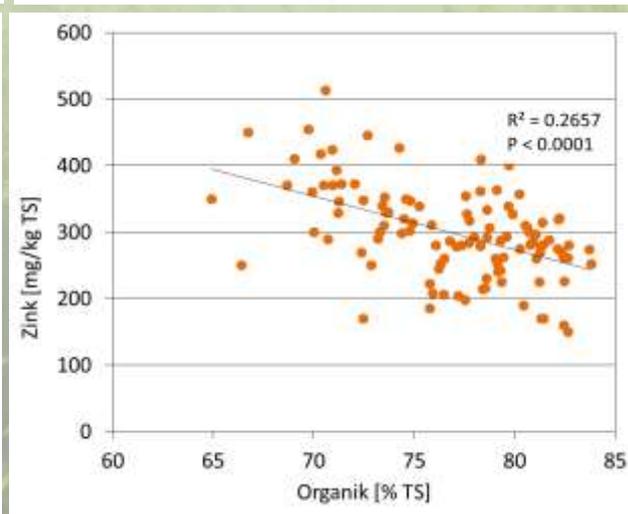
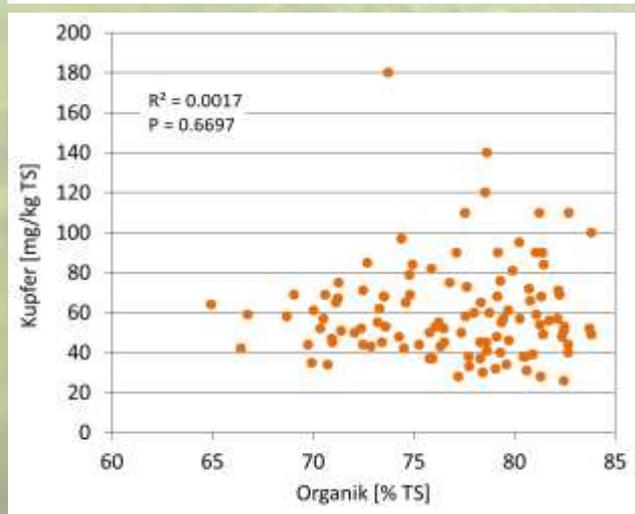
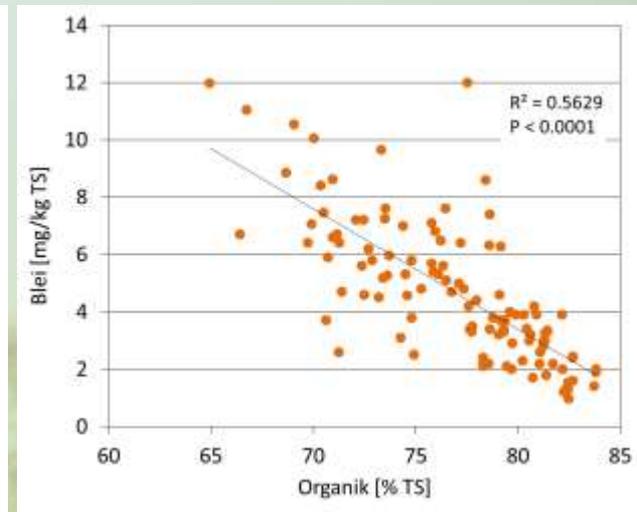
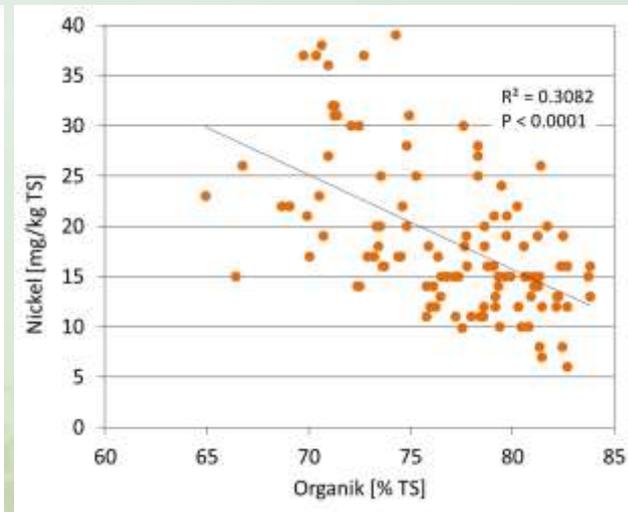
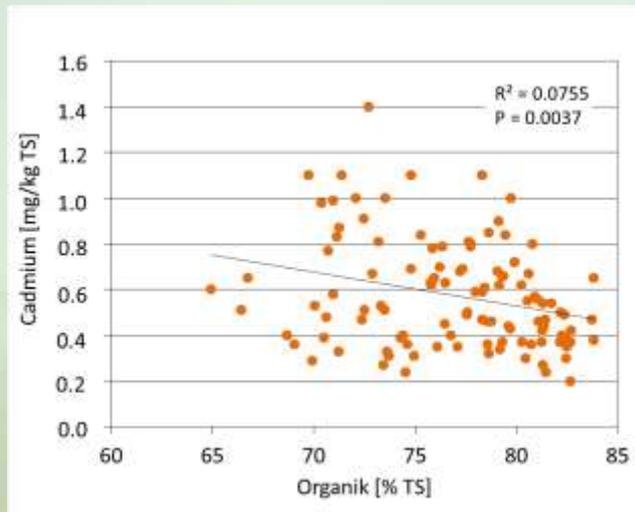


Zehnsdorf, A., Moeller, L., Stärk, H.-J., Auge, H., Röhl, M., Stinner, W. (2017):

*The study of the variability of biomass from plants of the Elodea genus from a river in Germany over a period of two hydrological years for investigating their suitability for biogas production.*

*Energy, Sustainability and Society, eingereicht*

# Analyse der Fremdstoffe und Elemente im Wasserpflanzenenerntegut



Grenzwerte nach DüMV<sup>2015</sup> [mg/kg TS]: Cadmium 1,5, Nickel 80, Blei 150

# Analyse der Fremdstoffe und Elemente im Wasserpflanzenerntegut

## Welche Qualität hat dieses Erntegut?

Elemente in Wasserpflanzenbiomasse von unterschiedlichen Standorten

Element (n = 27)	Mittelwert [mg/kgTS]	Minimum [mg/kgTS]	Maximum [mg/kgTS]	Grenzwert Kompost Klasse B [mg/kgTS]	Grenzwert Kompost Klasse A [mg/kgTS]
Blei	4,89	0,48	18,0	200	120
Cadmium	0,66	0,38	1,40	3,00	1,00
Chrom	2,29	0,19	14,0	250	70,0
Kobalt	4,30	0,07	33,0	-	-
Kupfer	17,4	1,90	62,0	500	150
Molybdän	1,18	0,46	3,80	-	-
Nickel	4,95	0,43	42,0	100	60
Zink	104	8,92	815	1.800	500

Kompostverordnung (2017):

Qualitätsanforderungen an das Endprodukt; Allgemeine Qualitätsanforderungen an Komposte

# Analyse der Fremdstoffe und Elemente im Wasserpflanzenerntegut

Wasserpflanzen – Biomassepotenzialermittlung:



Foto: A. Zehnsdorf

# Analyse der Fremdstoffe und Elemente im Wasserpflanzenerntegut

Wasserpflanzen – Biomassepotenzialermittlung:



Foto: A. Künzelmann

# Analyse der Fremdstoffe und Elemente im Wasserpflanzenerntegut

Wasserpflanzen – Biomassepotenzialermittlung:



Foto: A. Künzelmann

# Analyse der Fremdstoffe und Elemente im Wasserpflanzenerntegut

## Wasserpflanzen – Biomassepotenzialermittlung:

Gewässer		Tiefe	Frischmasse [kg]	TS [% FM]	oTS [% TS]
Cospudener See	<i>Elodea nuttallii</i>	2 m	8,53 ± 2,02	6,08 ± 0,72	76,51 ± 3,34
		4 m	6,80 ± 1,04	5,39 ± 0,15	73,06 ± 2,42
		6 m	4,97 ± 0,75	6,02 ± 0,16	58,53 ± 5,93
	<i>Myriophyllum heterophyllum</i>	2 m	7,40*	9,64*	71,95*
Seelhausener See	<i>Elodea nuttallii</i>	4 m	7,00 ± 2,07	7,10 ± 2,12	76,71 ± 3,29
Heider Bergsee	<i>Myriophyllum heterophyllum</i> und <i>M. verticillatum</i>	2 m	7,67 ± 0,93	7,08*	68,35 ± 0,56
		4 m	8,53 ± 0,65	6,00*	80,69 ± 1,49

\* Einzelbestimmung

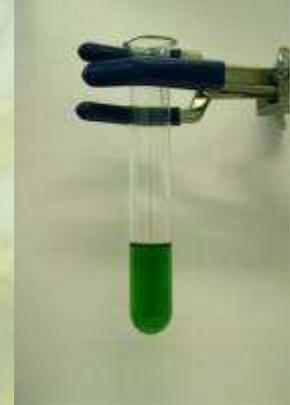
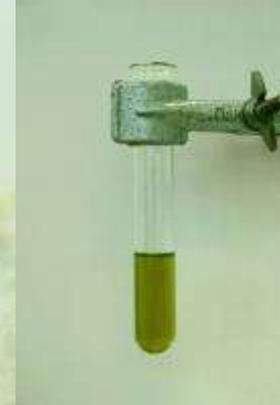
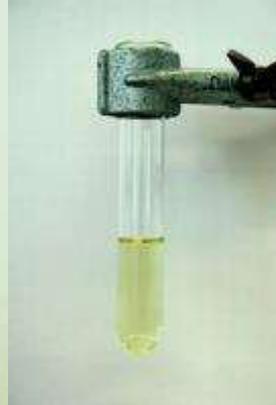
# Analyse der Fremdstoffe und Elemente im Wasserpflanzenerntegut



Fotos: A. Zehnsdorf

# Analyse der Fremdstoffe und Elemente im Wasserpflanzenerntegut

Wasserpflanzen – Screening auf interessante Inhaltsstoffe:



Analyse durch  
Dep. Analytik, UFZ

Fotos:  
A. Zehnsdorf, A. Scherber

# Analyse der Fremdstoffe und Elemente im Wasserpflanzenerntegut

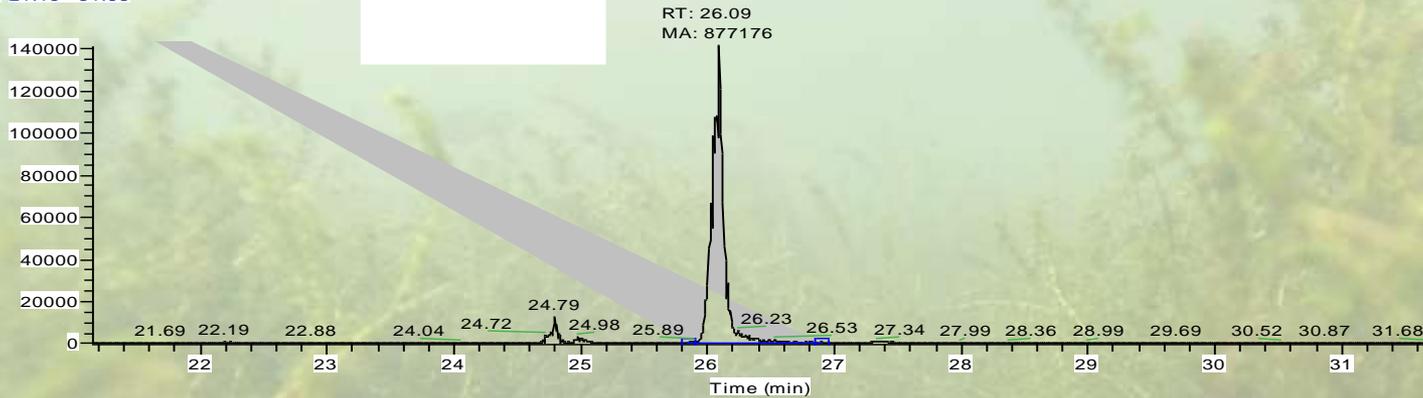
## Wasserpflanzen – Screening auf interessante Inhaltsstoffe:

### $\beta$ -Sitosterol bei RT ca. 26 min

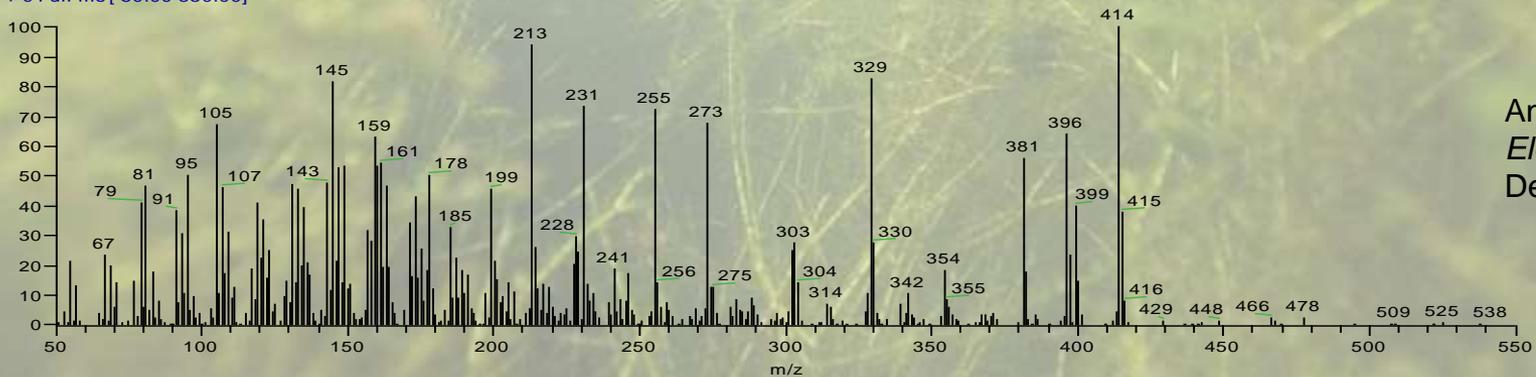
D:\Marina\elodASE\_13  
5 mL ASE-ganze Elodea-C6H12-Extrakt

4/2010 10:40:03

RT: 21.15 - 31.68



elodASE\_13 #2374 RT: 26.1 AV: 1 NL: 9.78E4  
T: + c Full ms [ 50.00-550.00]



# Analyse der Fremdstoffe und Elemente im Wasserpflanzenerntegut

## Wasserpflanzen – Screening auf interessante Inhaltsstoffe:

Konzentrationen der wichtigsten Fettsäuren in schmalblättriger Wasserpest (*Elodea nuttallii*) und verschiedenblättrigem Tausendblatt (*Myriophyllum heterophyllum*), gemessen mit GC-MS (Marx, 2016)

		<i>Elodea nuttallii</i>	<i>Myriophyllum heterophyllum</i>
Laurinsäure	µg/g TS	410	70
Myristinsäure	µg/g TS	1.100	1.225
Pentadecansäure	µg/g TS	270	90
Palmitinsäure	µg/g TS	21.500 (40 %)	24.800 (32 %)
Palmitoleinsäure	µg/g TS	1.450 (3 %)	6.480 (8 %)
Margarinsäure	µg/g TS	155	130
Stearinsäure	µg/g TS	610	645
Ölsäure	µg/g TS	1.750 (3 %)	3.360 (4 %)
Linolsäure	µg/g TS	9.300 (17 %)	7.680 (10 %)
α-Linolensäure	µg/g TS	15.600 (29 %)	32.800 (42 %)
Arachinsäure	µg/g TS	505	215
Behensäure	µg/g TS	770	230
Tricosansäure	µg/g TS	160	75
Lignocerinsäure	µg/g TS	425	410
Cerotinsäure	µg/g TS	155	70
Gesamtanteil		54.160	78.280

# Analyse der Fremdstoffe und Elemente im Wasserpflanzenerntegut



Foto: A. Künzelmann

# Analyse der Fremdstoffe und Elemente im Wasserpflanzenextrakt



Foto: A. Künzelmann

# Analyse der Fremdstoffe und Elemente im Wasserpflanzenextrakt



Fotos: A. Künzelmann

# Analyse der Fremdstoffe und Elemente im Wasserpflanzenerntegut

E

Die au

Zw

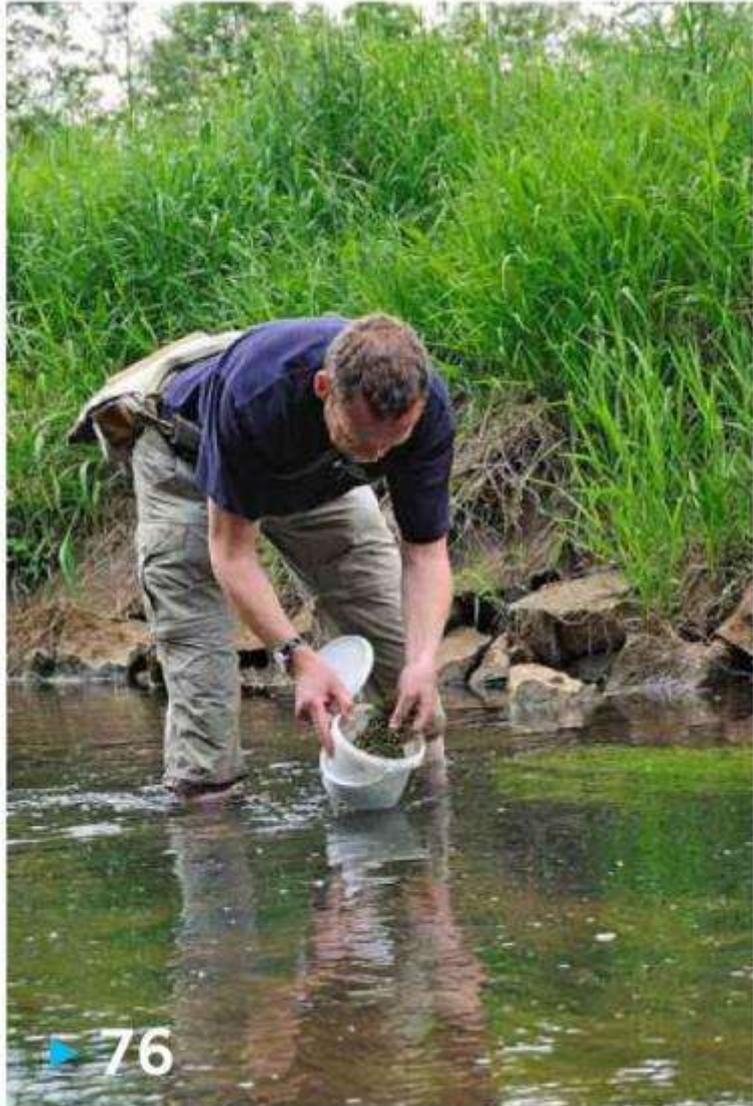
Bi

Biog

wird

Düng

TITELFOTO: WWW.LANDPIKEL.DE | FOTOS: WWW.LANDPIKEL.DE | RWE BIOGAS WESEH-EMS GMBH & CO. KG, CARMEN RUDOLPH, MARTIN EGERT



▶ 76



▶ 86

ff

5.7.2013

ca liefern

8.2013

portler –  
nung, die  
end.

# Analyse der Fremdstoffe und Elemente im Wasserpflanzenerntegut

## Zusammenfassung:

- **Sedimentgehalt** im Wasserpflanzenerntegut lag bei **86 % der Proben unter 3 %** und bei **71 % der Proben unter 1 %**
- das **C/N – Verhältnis** variierte **von 10,8 bis 34,6**, bei **75 % der Proben** lag es **zwischen 10 und 20 %**, dem typischen C/N – Verhältnis von Gemüseabfällen
- **Schwermetalle: bei 2 von 35 Proben** waren **Zink oder Cadmium** erhöht
- Wasserpflanzen können **interessante Inhaltsstoffe z. B. für Kosmetik** enthalten (Palmitinsäure,  $\alpha$ -Linolensäure)
- **P/N/K – Gehalte** machen Wasserpflanzenbiomasse als **Ökodünger** denkbar
- die Wasserpflanzenenernte kann **Gewässern Nährstoffe** entziehen

## Weitergehende Überlegungen:

- Kann die Wasserpflanzenenernte **zur gezielten Nährstoffentfrachtung** von Gewässern als wirtschaftliche Leistung (Aufkonzentrierung der Nährstoffe) dienen?
- **Wann** und **wie** ist der gezielte Anbau **welcher** aquatischer Makrophyten zur Biomassegewinnung sinnvoll?
- Eignen sich **anthropogene Stillgewässern**, wie z.B. Abbaugewässer der Steine-Erden-Industrie oder ehemalige Fischteiche, zur effizienten Kultur von Wasserpflanzen?
- Wie können **Anbausysteme** für diese Pflanzenarten **optimal gestaltet** werden?

# Herzlichen Dank

dem *AquaMak*-Forschungsteam

Projektpartner:



Gefördert von:



und  
unseren  
fleißigen  
Studentinnen  
und  
Studenten



# Analyse der Fremdstoffe und Elemente im Wasserplanzenenergetag

## Aquatische Makrophyten – ökologisch und ökonomisch optimierte Nutzung

- **AquaMak Website:** <http://www.ufz.de/aquamak>
- **AquaMak E-mail Adresse:** [aquamak@ufz.de](mailto:aquamak@ufz.de)
- **AquaMak – Newsletter** (aller 3 Monate)

**1. AquaMak-Newsletter**  
Zum Forschungsprojekt: Aquatische Makrophyten – ökologisch und ökonomisch optimierte Nutzung



**Neu auf dem Weg:** Der 1. AquaMak-Newsletter  
Ökologisch, Aquatische Makrophyten – Ökologisch und ökonomisch optimierte Nutzung

Am 23. November 2014 gelang es Ihnen, einen 1. AquaMak-Newsletter zu lesen. Dieser Newsletter ist ein wichtiger Bestandteil der Kommunikation im AquaMak-Projekt. Er informiert Sie über die aktuellen Entwicklungen im Projekt und bietet Ihnen die Möglichkeit, Ihre Meinung zu äußern. Wir hoffen, dass Sie sich für die Inhalte interessieren und sie weiterverbreiten werden. Wenn Sie Fragen haben, kontaktieren Sie uns bitte. Wir freuen uns auf Ihre Rückmeldung.

**Gefördert von:** 

**2. AquaMak-Newsletter**  
Zum Forschungsprojekt: Aquatische Makrophyten – ökologisch und ökonomisch optimierte Nutzung

**Mitarbeiterinnen stellen sich vor**

**Sandra Roth**  
Unternehmen: Institut für Landschaft und Umwelt (ILU) der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen (HfWU)  
Qualifikation: Dipl.-Ing. (FH) für Landschaftsplanung mit Schwerpunkt Geographische Informationssysteme (GIS)  
Bearbeitung: Arbeitspaket 1: Potenzialabschätzung, Teilbereich Fließgewässer und GIS-Analysen

**Juliane Richter**  
Unternehmen: Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ)  
Qualifikation: Chemisch-Technische Assistentin  
Dipl.-Ing. (FH) für Energie- und Umwelttechnik  
Bearbeitung: Arbeitspaket 1: Potenzialabschätzung, Teilbereich Süßgewässer

**Sandra Lange**  
Unternehmen: Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ)  
Qualifikation: Biologiestudentin  
B.Sc. für Labor- und Verfahrenstechnik mit Schwerpunkt Biotechnologie  
Bearbeitung: Arbeitspaket 1: Potenzialabschätzung, Teilbereich Süßgewässer

Wir freuen uns auf eine gute und interessante Zusammenarbeit!

**Aufruf zur Mitarbeit**

Wenn Sie sich mit Informationen zu Massenvorkommen von Wasserplanzen, Entlastungsmaßnahmen oder Erfahrungen und Ideen zum Wasserpfanzenergetag in unser Forschungsprojekt AquaMak einbringen möchten, kontaktieren Sie bitte:

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ  
Dipl.-Ing. (FH) Juliane Richter  
Pannierstraße 15  
04216 Leipzig  
Tel.: 0341 235 1941  
E-Mail: juliane.richter@ufz.de

Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen  
Dipl.-Ing. (FH) Sabine Brunner  
Sigmaringer Straße 14  
73222 Nürtingen  
Tel.: 07142 201 273  
E-Mail: sabine.brunner@hfwu.de

**Wir wünschen allen Projektpartnern ein frohes Fest und ein gesundes und erfolgreiches Jahr 2015!**

**Gefördert von:** 

**3. AquaMak-Newsletter**  
Zum Forschungsprojekt: Aquatische Makrophyten – ökologisch und ökonomisch optimierte Nutzung

**Erste Ergebnisse der Abfänge von Biomassengutverwertern**



**Abfänge:**

- Probe des Abfanges: 06.01.2015
- Anzahl: 371 Abfänge
- Anteil: 88 Abfänge (24 %)

**Zusammenfassung:**

- Das Projekt wird auf großes Interesse
- Neue Partnerschaften (z.B. Industriepartner)
- Lokale Wasserwerke (z.B. Müllabfuhr)
- Lokale Wasserwerke (z.B. Müllabfuhr)
- Lokale Wasserwerke (z.B. Müllabfuhr)

**Projekt AquaMak in der Presse**

Wissenschaftsjahr 2014/15: Aquatische Makrophyten – Ökologisch und ökonomisch optimierte Nutzung  
Wissenschaftsjahr 2014/15: Aquatische Makrophyten – Ökologisch und ökonomisch optimierte Nutzung

**Interessante Publikation zum Thema**

Quadrat, J., Brunner, S., Ewald, F., Richter, J., Müller, A. (2015): Management von Wasserplanzen in Gewässern. In: *Wasser und Gewässer*, 15(1), 1-17.

**aktuelle**

Das AquaMak-Projekt wird im Jahr 2015 von der Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) geleitet. Wir freuen uns auf Ihre Rückmeldung.

**Gefördert von:** 

**10. AquaMak-Newsletter**  
Zum Forschungsprojekt: Aquatische Makrophyten – ökologisch und ökonomisch optimierte Nutzung

**Aktuelle**

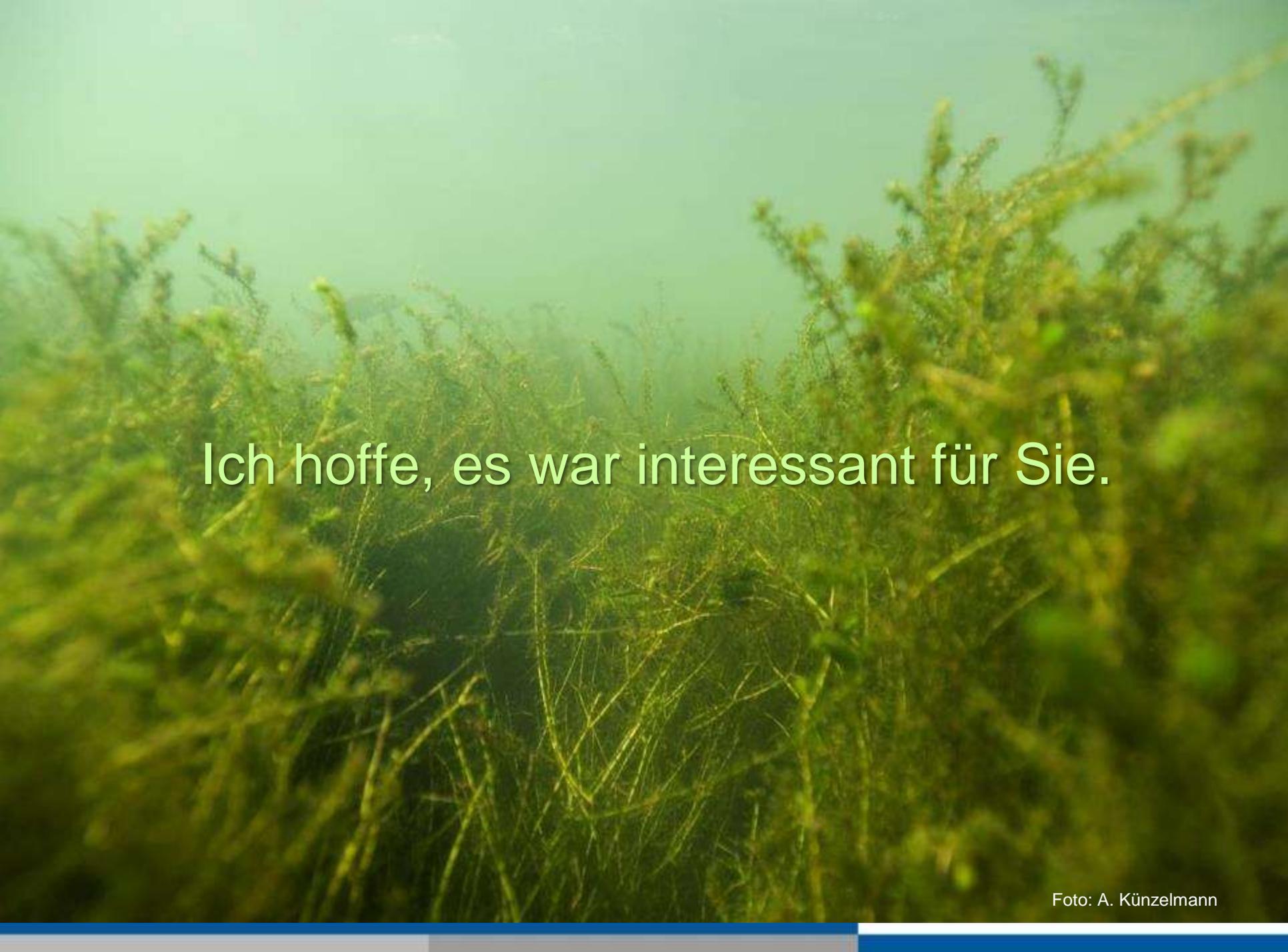
**Tagung zur Nutzung von Wasserplanzenbiomasse am UFZ in Leipzig**

Am 30. und 31. März 2017 findet die Tagung der Fachkonferenz Aquatische Makrophyten – Ökologisch und ökonomisch optimierte Nutzung (AquaMak) am UFZ in Leipzig statt. Die Tagung ist ein wichtiger Bestandteil der AquaMak-Projektarbeit und bietet Ihnen die Möglichkeit, Ihre Erfahrungen und Ideen zum Wasserpfanzenergetag in unser Forschungsprojekt AquaMak einbringen zu können. Wir freuen uns auf Ihre Rückmeldung.



Das AquaMak-Projekt wird im Jahr 2015 von der Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) geleitet. Wir freuen uns auf Ihre Rückmeldung.

**Gefördert von:** 



Ich hoffe, es war interessant für Sie.