

MTBE-Eintrag in den Zürich-See

Ökologische Bewertung der Treibstoffimmissionen von Motorbooten in den Zürichsee mit Hilfe dynamischer Systemmodellierung mit excell.

A Dynamisches Modell

Problemstellung: Ökologische Bewertung der Treibstoffimmissionen von Motorbooten in den Zürich-See.

Methoden:

- MASAS light zur Substanzcharakterisierung
- Linearisierung der Verteilungsprozesse
- Euler Approximation zur dynamischen Systemmodellierung

System-Modell:

1. Stratifikationsperiode: 10. 3. – 26. 12.
2. Nutzungsperiode: 1. 5. – 30. 11., jeweils am Wochenende

1. Charakterisierung der Substanz

Abschätzung der relevanten Eliminationsprozesse:

[illegible]

Die Elimination von MTBE wird durch den Gasaustausch mit der Atmosphäre dominiert. Dieser Prozess findet vorwiegend in den obersten Wassermassen statt, gilt also einzig für die Elimination der Substanz aus dem Epilimnion.

2. Charakterisierung der Verteilungsprozesse

Modellperiode 1 ($1 < t < 76d$):

Durchmischter Wasserkörper
Keine Motorbootsnutzung

[MTBE] im See: $C_{\text{See}}(t) = e^{-r1 \cdot t} * (0.1 * C_E(t=0) + 0.9 * C_H(t=0))$ [g m⁻³]
 $r1 = 0.009 \text{ d}^{-1}$

Modellperiode 2 ($75 < t < 128d$):

Geschichteter Wasserkörper
Keine Motorbootsnutzung

[MTBE] im Epilimnion: $C_{\text{Epi}}(t) = e^{-r2E \cdot t} * C_E(t=75)$ [g m⁻³]
 $r2E = 0.0023 \text{ d}^{-1}$

MTBE im Hypolimnion: $C_{\text{Hypo}}(t) = e^{-r2H \cdot t} * C_H(t=75)$ [g m⁻³]
 $r2H = 0.0085 \text{ d}^{-1}$

Modellperiode 3.1 ($127 < t < 281d$):

Geschichteter Wasserkörper
Motorbootsnutzung am Wochenende

Worst case: $I_{\text{max}} = 201.6 \text{ kg d}^{-1}$
 Best case: $I_{\text{min}} = 3.9 \text{ kg d}^{-1}$

Worst case:

[MTBE] im Epilimnion: $C_{\text{Epi}}(t) = C_{\text{Epi}}(t-1) + 0.0006$ [g m⁻³]
 [MTBE] im Hypolimnion: $C_{\text{Hypo}}(t) = C_{\text{Hypo}}(t-1) + 1E-7$ [g m⁻³]

Best case:

[MTBE] im Epilimnion: $C_{\text{Epi}}(t) = C_{\text{Epi}}(t-1) + 4E-9$ [g m⁻³]
 [MTBE] im Hypolimnion: $C_{\text{Hypo}}(t) = C_{\text{Hypo}}(t-1) + 2E-10$ [g m⁻³]

Modellperiode 3.2 ($127 < t < 281d$):

Geschichteter Wasserkörper
Keine Motorbootsnutzung an Wochentagen

[MTBE] im Epilimnion: $C_{\text{Epi}}(t) = C_{\text{Epi}}(t-1) - 0.0088$ [g m⁻³]
 [MTBE] im Hypolimnion: $C_{\text{Hypo}}(t) = C_{\text{Hypo}}(t-1) - 0.0023$ [g m⁻³]

Modellperiode 4 ($280 < t < 366d$):

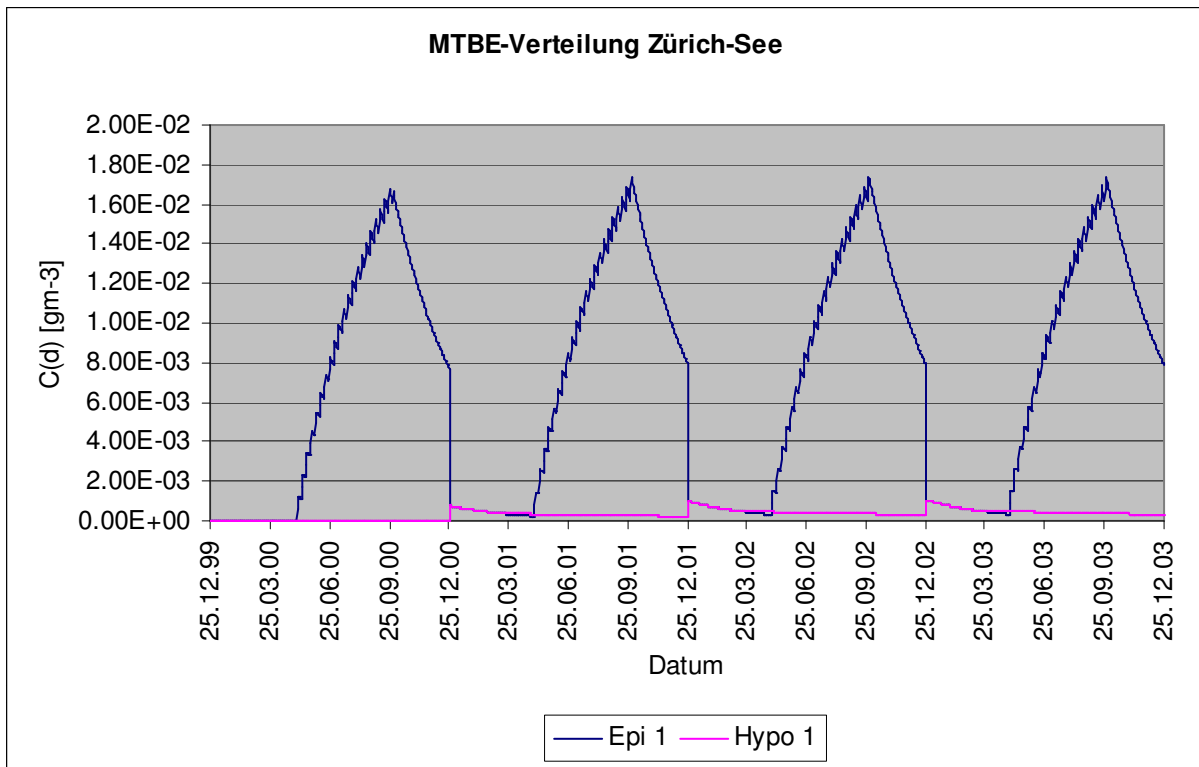
Geschichteter Wasserkörper
Keine Motorbootsnutzung

MTBE im Epilimnion: $C_{\text{Epi}}(t) = e^{-r2E \cdot t} * C_E(t=75)$ [g m⁻³]
 $r2E = 0.0023 \text{ d}^{-1}$

MTBE im Hypolimnion: $C_{\text{Hypo}}(t) = e^{-r2H \cdot t} * C_H(t=75)$ [g m⁻³]
 $r2H = 0.0085 \text{ d}^{-1}$

3. Modellierung des Systems

Worst case:



Predicted Environmental Concentration PEC:

Steady state Konzentration:

$$C_{Epi}^{\infty} = 0.018 \text{ mg L}^{-1}$$

$$C_{Hypo}^{\infty} = 0.001 \text{ mg L}^{-1}$$

Predicted No Effect Concentration PNEC:

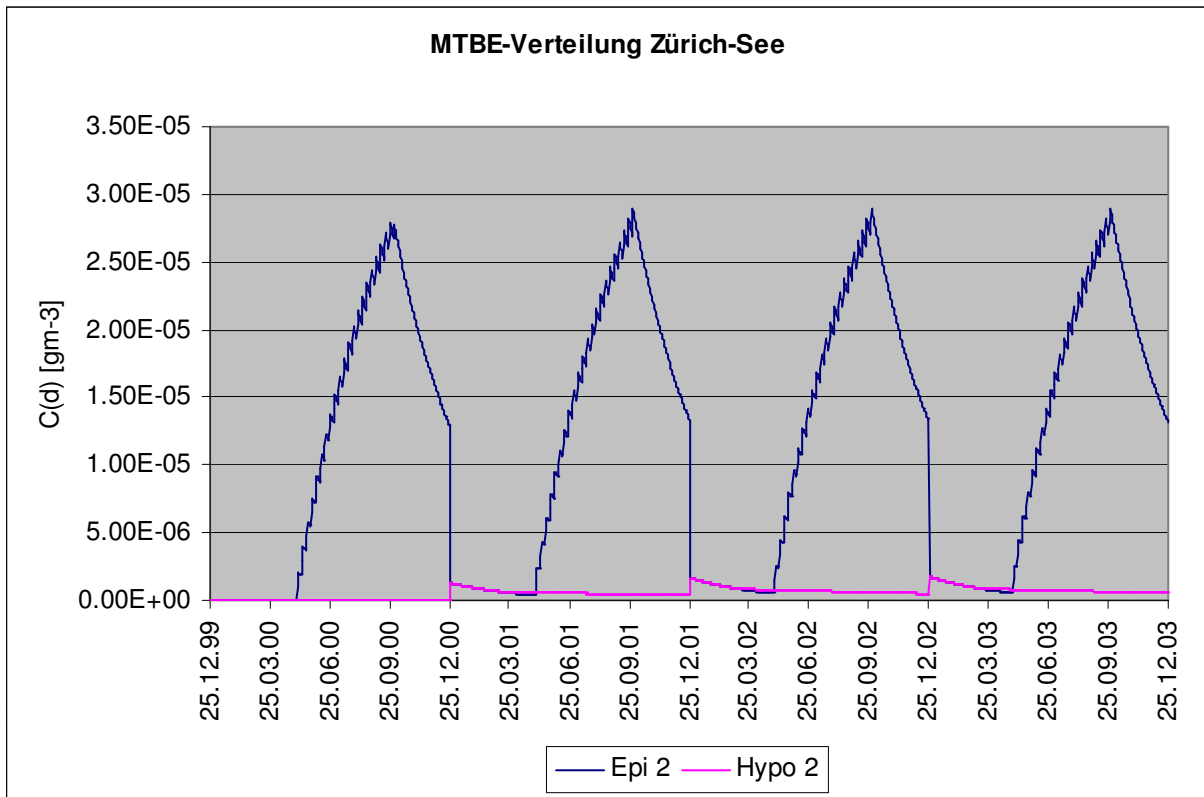
Kritische Konzentration:

$$C_{krit} = 0.015 - 0.05 \text{ mg L}^{-1}$$

PEC/PNEC Epilimnion < 1.2

PEC/PNEC Hypolimnion < 0.6

Best case:



Predicted Environmental Concentration PEC:

Steady state Konzentration:

$$C_{\text{Epi}}^{\infty} = 0.00003 \text{ mg L}^{-1}$$

$$C_{\text{Hypo}}^{\infty} = 0.0000018 \text{ mg L}^{-1}$$

Predicted No Effect Concentration PNEC:

Kritische Konzentration:

$$C_{\text{krit}} = 0.015 - 0.05 \text{ mg L}^{-1}$$

PEC/PNEC Epilimnion < 0.002

PEC/PNEC Hypolimnion < 0.00012

4. Risikoanalyse:

Für Mensch kein Risikoverdacht bei PEC/PNEC < 0.01, das heisst für breites Spektrum der wahrscheinlichen MTBE-Konzentration liegt kein Gesundheitsrisiko vor.

5. Schlussfolgerung:

Die negativen Einflüsse durch MTBE im Zürich-See könnten schon durch die obligate Verwendung von 95er Benzin und durch relativ vermehrten Einsatz von 4 Takt Motoren nachhaltig behoben werden.

B Statische Modelle

1. Combi-Box: Eintrag auf 153 Tage gemittelt

Nutzungsperiode

Maximaler MTBE-Eintrag (153 d)

Minimaler MTBE-Eintrag (153 d)

$P_{\text{Input}} = \text{Mai bis September} = 153 \text{ d}$

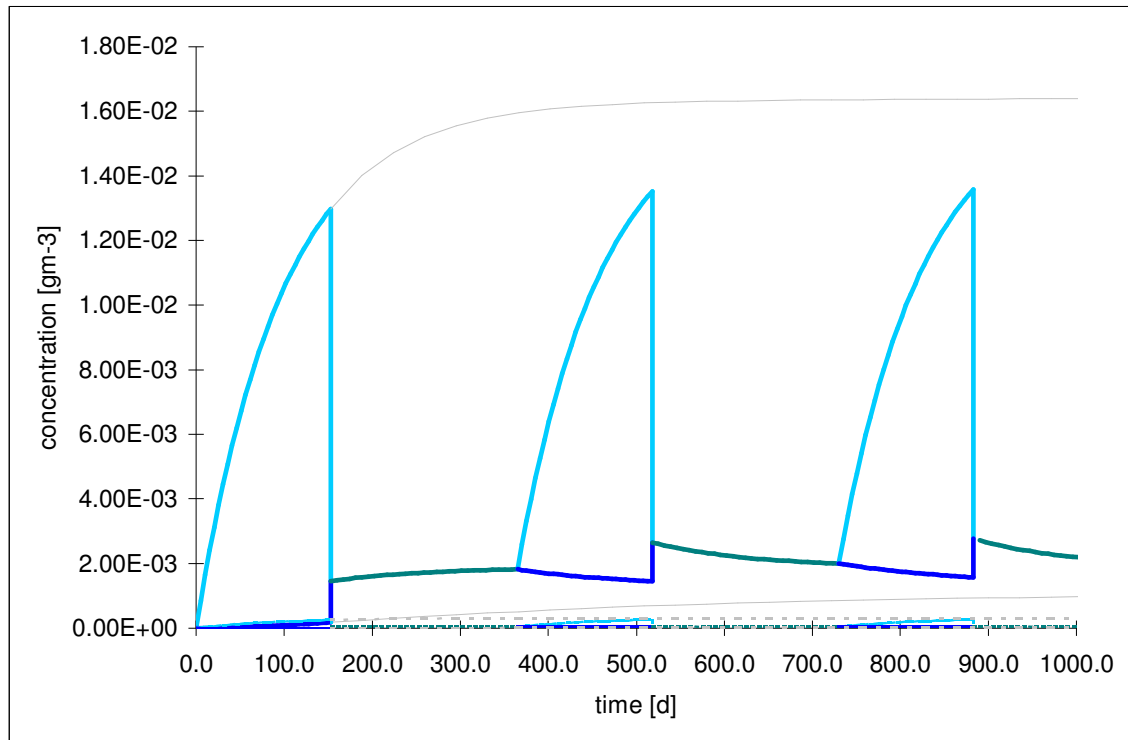
$I_{\text{max}} (153 \text{ d}) = 365/153 * v_{\text{max}} * f_{98} * V_{2\text{TM}} = 56'665 \text{ g d}^{-1}$

$I_{\text{min}} (153 \text{ d}) = 365/153 * v_{\text{min}} * f_{95} * V_{2\text{TM}} = 1'090 \text{ g d}^{-1}$

Combi-Box Model

Parameters	Unit	Data Set 1			Data Set 2		
		Epilimnion	Hypolim.	Mixed lake	Epilimnion	Hypolim.	Mixed lake
Total volume	m3	3.34E+09			3.34E+09		
Depth of epilimnion	m	5.00E+00			5.00E+00		
Surface area	m2	6.66E+07			6.66E+07		
Area at interface epi/hypo	m2	6.76E+07			6.76E+07		
Initial concentration	g/m3	0.00E+00	0.00E+00		0.00E+00	0.00E+00	
Input	g/d	5.67E+04			1.09E+03		
Fraction of input into epi	0..1	1.00E+00			1.00E+00		
Elimination rate constant w/o sedimentation, epi/hypo/mixed	d ⁻¹	8.99E-03	2.29E-03	8.99E-03	8.99E-03	2.29E-03	8.99E-03
Fraction bound to particles	-	0.00E+00			0.00E+00		
Settling velocity of particles	m/d	2.50E+00			2.50E+00		
Water exchange epi/hypo	m3/s	5.70E+00			5.70E+00		
Period for two-/one-boxmod d		153	212		153	212	

Output I: Graph



2. Combi-Box: Eintrag auf 285 Tage gemittelt

Nutzungsperiode

Maximaler MTBE-Eintrag (285 d)

Minimaler MTBE-Eintrag (285 d)

$P_{\text{Input}} = \text{Mai bis September} = 285 \text{ d}$

$I_{\text{max}} (285 \text{ d}) = 365/285 * v_{\text{max}} * f_{98} * V_{2\text{TM}} = 30'420 \text{ g d}^{-1}$

$I_{\text{min}} (285 \text{ d}) = 365/285 * v_{\text{min}} * f_{95} * V_{2\text{TM}} = 584 \text{ g d}^{-1}$

Combi-Box Model

Parameters	Unit	Data Set 1			Data Set 2		
		Epilimnion	Hypolim.	Mixed lake	Epilimnion	Hypolim.	Mixed lake
Total volume	m3	3.34E+09			3.34E+09		
Depth of epilimnion	m	5.00E+00			5.00E+00		
Surface area	m2	6.66E+07			6.66E+07		
Area at interface epi/hypo	m2	6.76E+07			6.76E+07		
Initial concentration	g/m3	0.00E+00	0.00E+00		0.00E+00	0.00E+00	
Input	g/d	3.04E+04			5.84E+02		
Fraction of input into epi	0..1	1.00E+00			1.00E+00		
Elimination rate constant w/o sedimentation,							
epi/hypo/mixed	d ⁻¹	8.99E-03	2.29E-03	8.99E-03	8.99E-03	2.29E-03	8.99E-03
Fraction bound to particles	-	0.00E+00			0.00E+00		
Settling velocity of particles	m/d	2.50E+00			2.50E+00		
Water exchange epi/hypo	m3/s	5.70E+00			5.70E+00		
Period for two-/one-boxmod d		285	80		285	80	

Output I: Graph

