

Neue Bodenhilfsstoffe zur Erhaltung und Steigerung  
der Bodenfruchtbarkeit im ökologischen Landbau

---

# Klinoptilolith Zeolith - Ein Überblick

---

Dipl.-Ing. Nina Schulze (Hydrogeologin)

**OWT OstWestTransfer**

▶ *technology* ▶ *foreign trade* ▶ *consulting*



17.März 2011, Bad Düben

# Überblick

---

1. Einführung
2. Was sind Zeolithe?
3. Zeolith für der Bodenfruchtbarkeit
4. Wirkungsmechanismen von Zeolith im Boden
5. Beispiel eines typischen Naturzeoliths
6. Ausblick

# 1. Einführung

---

- 1.1 Gesunde Nahrungsmittel brauchen gesunde Böden
- 1.2 Verknappung von unbelasteten landwirtschaftlichen Flächen
- 1.3 Suche nach alternativen Bodenhilfsstoffen
- 1.4 Geschichte der Zeolithanwendung in der Landwirtschaft
- 1.5 Regelwerke

## 2. Was sind Zeolithe?

---

1.1 Entstehung, Struktur, Zusammensetzung

1.2 Haupteigenschaften von Zeolith

1.2.1 Ionenaustauschkapazität (KAK)  
und Selektivität

1.2.2 Adsorption

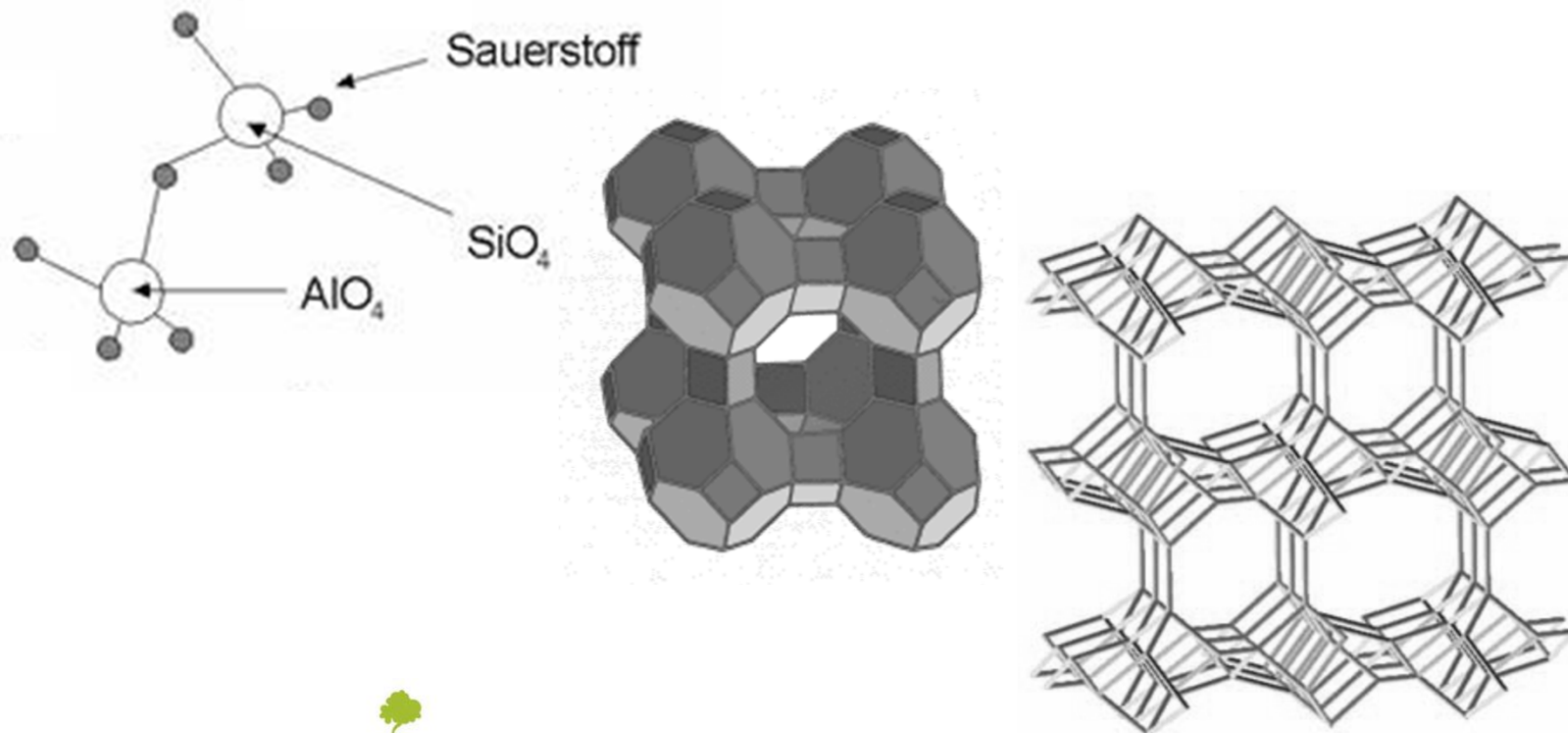
1.2.3 Reversible Hydratisierung

1.2.4 Katalytische Eigenschaften

1.2.5 Molekularsiebeigenschaften

# Gitterstruktur

- Klinoptilolith



# Mineral-technologische Typen von Zeolithrohstoffen

(nach Tschelischnew, 1988)

Rohstofftyp	Untertyp	Gehalt an Zeolith im Zeolithgestein, %	Anwendung
<b>Klinoptilolithtyp</b>	Klinoptilolithtyp	>50	A; IA; LW; BM
	Klinoptilolith- Montmorillonittyp	>40 >10	LW; BM
	Klinoptilolith- Mordenittyp	>40 >10	A; IA; LW; BM
<b>Mordenittyp</b>	Mordenittyp	>50	A; IA; LW; BM
	Mordenit- Klinoptilolithtyp	>40 >10	A; IA; LW; BM
<b>Heulandittyp</b>		>50	LW; BM
<b>Filipsittyp</b>		>50	IA; LW; BM
<b>Schabasittyp</b>		>50	A

# Klassifikation der Lagerstätten von Naturzeolithen nach Zusammensetzung von Austauschungen

(nach Tschelischnew, 1988)

Lagerstättentyp	Relativer Gehalt an Austauschungen	Vorzugsbereich für die Anwendung
Kalzium-Natriumtyp	Na>Ca>K	Ionenaustausch
Natrium-Kalziumtyp	Ca>Na>K	Adsorption
Kalzium-Kalium	K>Ca>Na	Pflanzenanbau
Kalium-Kalzium	Ca>K>Na	Tierhaltung
	Na>K>Ca	

# 3. Zeolith für die Bodenfruchtbarkeit

---

- Zeolith als Bodenverbesserer und Bodendoktor

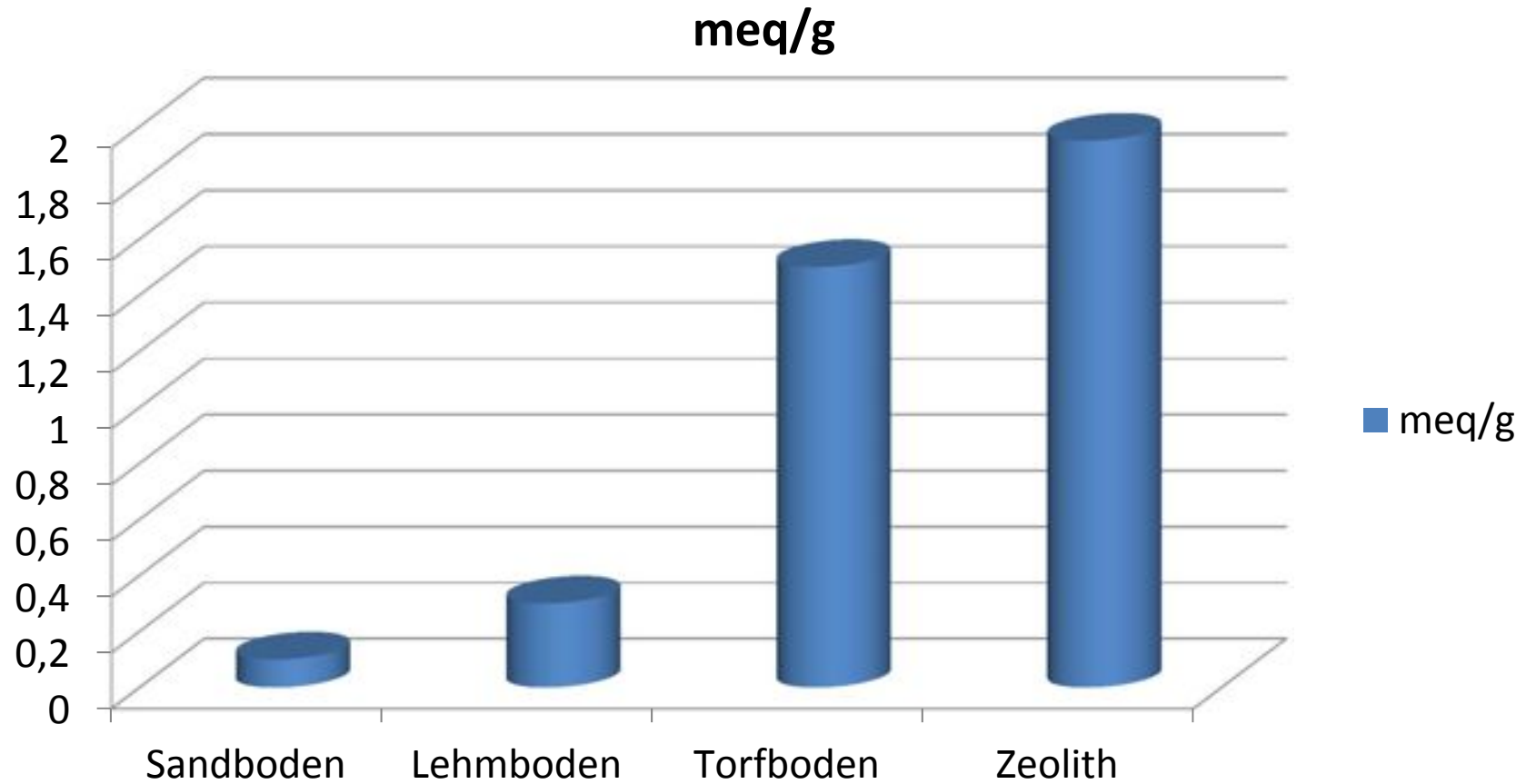


# 4. Wirkungsmechanismen von Zeolith im Boden

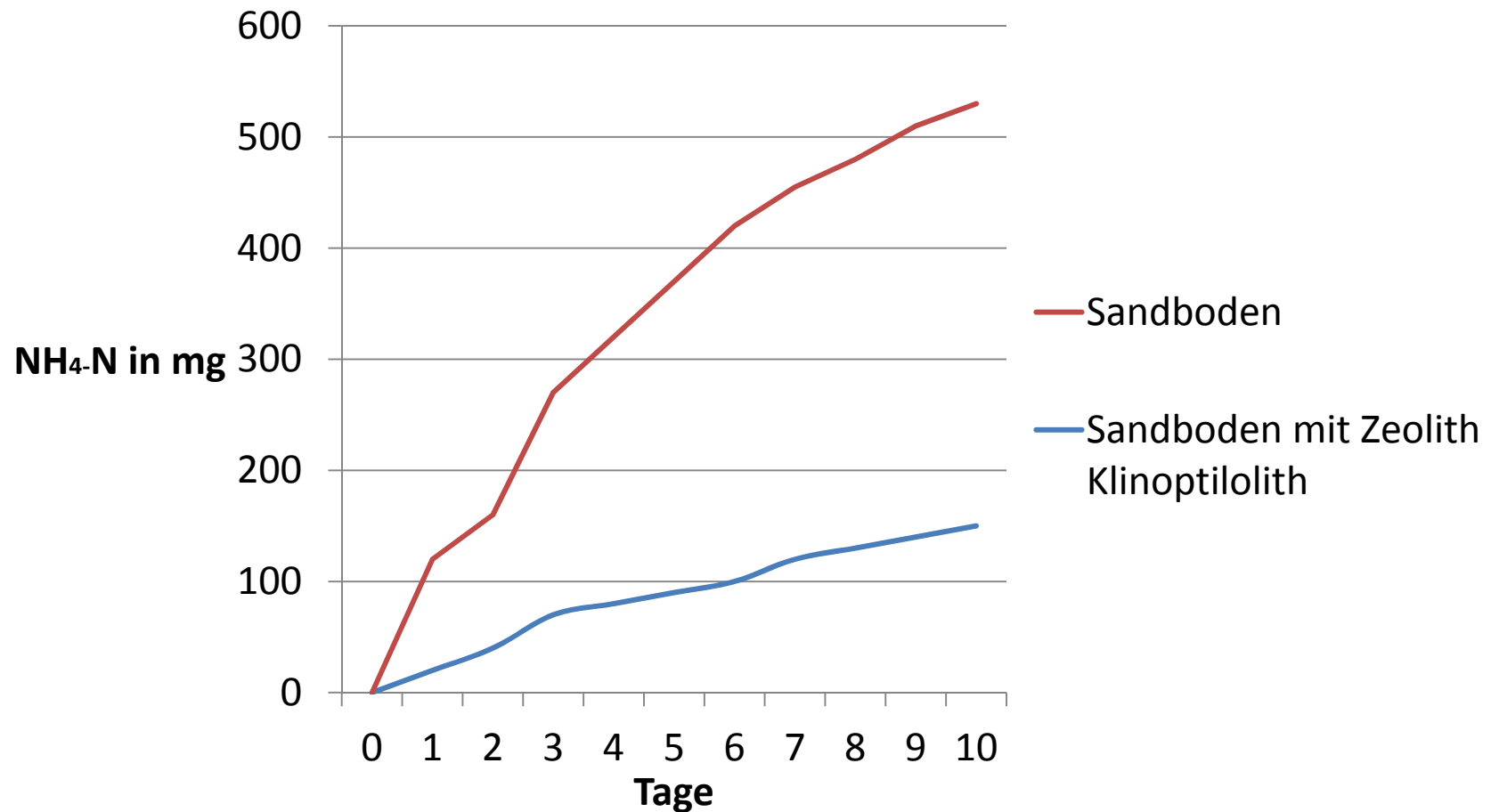
## Einfluss von Zeolith auf

- Ionenaustauschkapazität der Böden
- Speicherung von Ammonium
- Anreicherung von Kalium
- Si-Balance
- (PO<sub>4</sub>)-
- pH-Wert des Bodens
- Humusgehalt
- Bodenstruktur
- Wasser- und Lufthaushalt
- Nützliche Mikroflora bzw. mikrobielle Zenose
- Binden von Schadstoffen wie Schwermetalle
- Binden von Radionukliden, z. B. Sr-90 und Cz-137

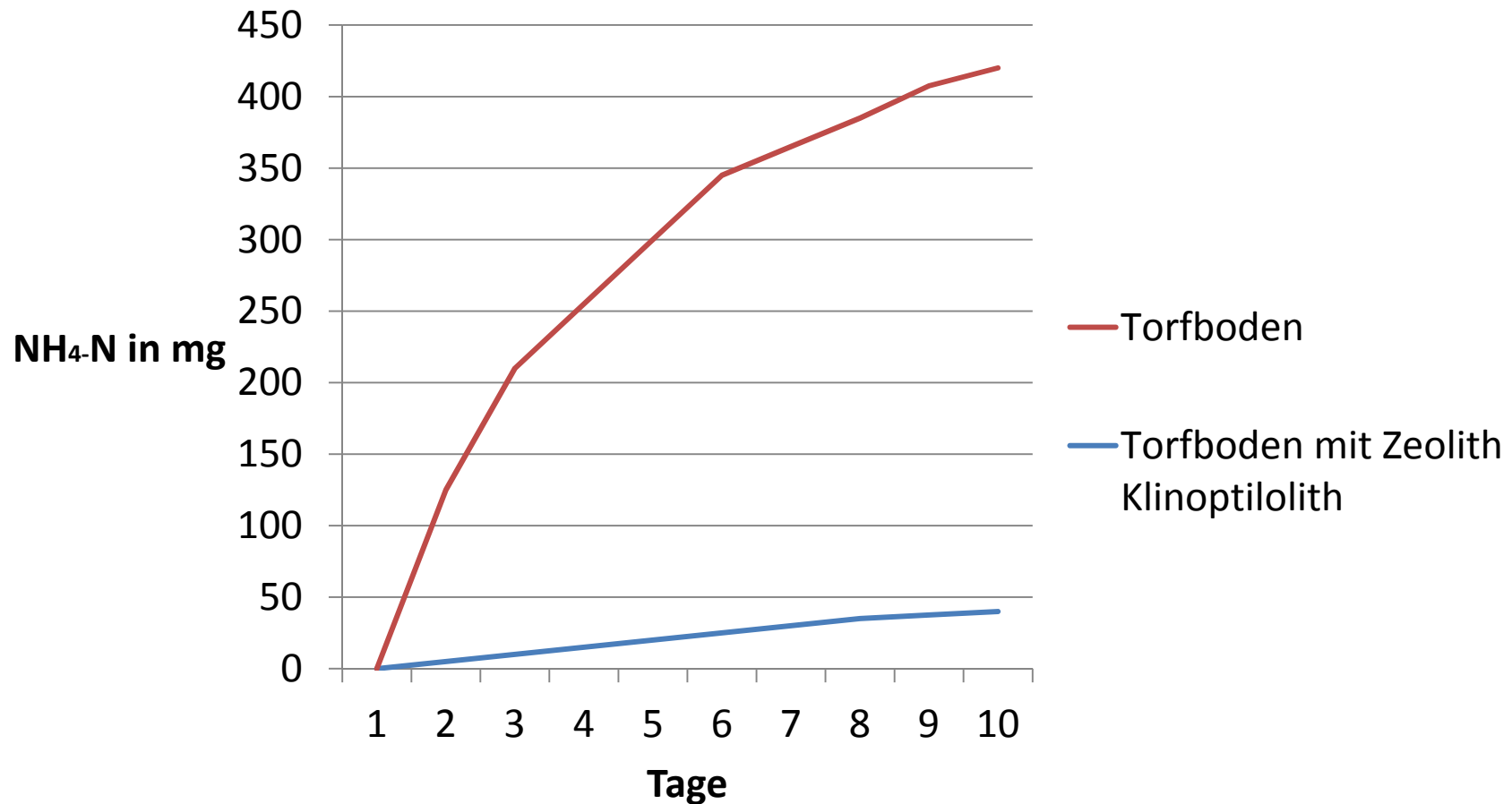
# Kationenaustauschkapazität



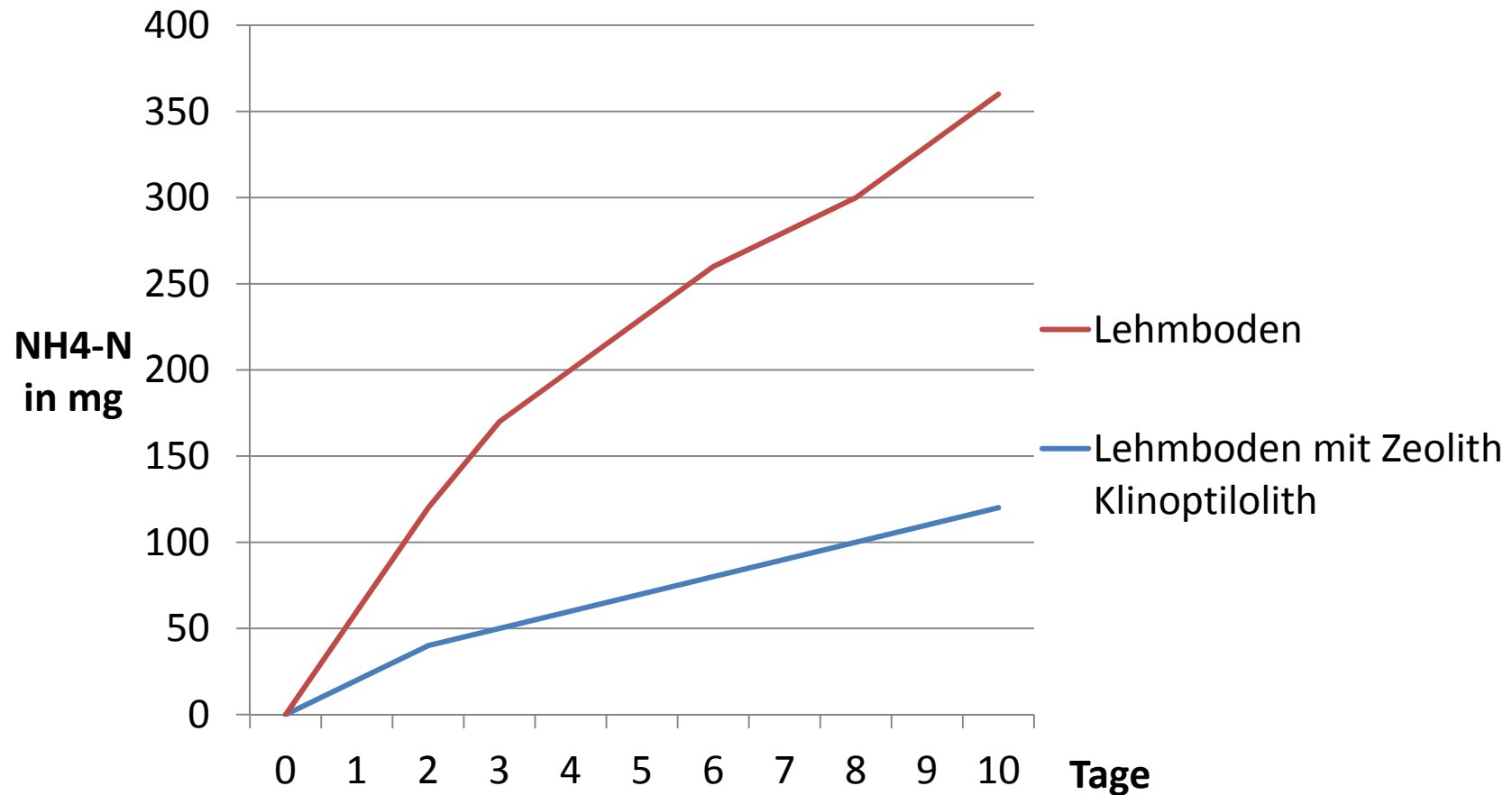
# Gehalt von $(\text{NH}_4)^+$ in Sandböden



# Gehalt von $(\text{NH}_4)^+$ in Torfboden



# Gehalt von $(\text{NH}_4)^+$ in Lehmboden



# 4. Wirkungsmechanismen von Zeolith im Boden

## Einfluss von Zeolith auf

- Ionenaustauschkapazität der Böden
- Speicherung von Ammonium
- Anreicherung von Kalium
- Si-Balance
- (PO<sub>4</sub>)-
- pH-Wert des Bodens
- Humusgehalt
- Bodenstruktur
- Wasser- und Lufthaushalt
- Nützliche Mikroflora bzw. mikrobielle Zenose
- Binden von Schadstoffen wie Schwermetalle
- Binden von Radionukliden, z. B. Sr-90 und Cz-137

# Bindung von Ammonium-Stickstoff vom Boden im Beisein von Zeolith

Zeolithart (Menge, t/ha)	Ausgewaschen, mg/kg	Gebunden, mg/kg
Kontrolle (ohne Zeolith)	168	86
Klinoptilolith		
(28)	133	59
(56)	84	104
(112)	29	139

# 4. Wirkungsmechanismen von Zeolith im Boden

## Einfluss von Zeolith auf

- Ionenaustauschkapazität der Böden
- Speicherung von Ammonium
- Anreicherung von Kalium
- Si-Balance
- (PO<sub>4</sub>)-
- pH-Wert des Bodens
- Humusgehalt
- Bodenstruktur
- Wasser- und Lufthaushalt
- Nützliche Mikroflora bzw. mikrobielle Zenose
- Binden von Schadstoffen wie Schwermetalle
- Binden von Radionukliden, z. B. Sr-90 und Cz-137



# Versuchsergebnisse Adsorption – Desorption im System Boden – KL – K<sup>+</sup>

Varianten	Vor Eluierung		Nach Eluierung		Austausch- kapazität K <sup>+</sup> , meq/100g Boden
	Menge K <sup>+</sup> im Filtrat, mg/100ml	Menge sorbiertes K <sup>+</sup> , mg/10g Boden	Menge K <sup>+</sup> im Filtrat, mg/100ml	Menge sorbiertes K <sup>+</sup> , mg/10g Boden	
<b>Roterde</b>	2,8	2,2	0,7	1,5	6,51
+ 5% KL	1,8	3,2	0,6	2,6	8,82
+ 10% KL	0,9	4,1	0,5	3,6	13,48
+ 15% KL	0,3	4,7	0,3	4,4	17,86
<b>Podzolboden</b>	2,9	2,1	1,05	1,05	5,53
+ 5% KL	2,1	2,8	0,9	2,0	8,76
+ 10% KL	1,9	3,1	0,2	2,9	12,38
+ 15% KL	0,6	4,4	0,12	4,28	16,57

# 4. Wirkungsmechanismen von Zeolith im Boden

## Einfluss von Zeolith auf

- Ionenaustauschkapazität der Böden
- Speicherung von Ammonium
- Anreicherung von Kalium
- Si-Balance
- (PO<sub>4</sub>)-
- pH-Wert des Bodens
- Humusgehalt
- Bodenstruktur
- Wasser- und Lufthaushalt
- Nützliche Mikroflora bzw. mikrobielle Zenose
- Binden von Schadstoffen wie Schwermetalle
- Binden von Radionukliden, z. B. Sr-90 und Cz-137

# 4. Wirkungsmechanismen von Zeolith im Boden

## Einfluss von Zeolith auf

- Ionenaustauschkapazität der Böden
- Speicherung von Ammonium
- Anreicherung von Kalium
- Si-Balance
- (PO<sub>4</sub>)-
- pH-Wert des Bodens
- Humusgehalt
- Bodenstruktur
- Wasser- und Lufthaushalt
- Nützliche Mikroflora bzw. mikrobielle Zenose
- Binden von Schadstoffen wie Schwermetalle
- Binden von Radionukliden, z. B. Sr-90 und Cz-137

# Anzahl von Ionen $(\text{NO}_3)^-$ und $(\text{PO}_4)^{3-}$ im Boden und in der Lauge bei Zugabe von KL

Zusammensetzung	$(\text{NO}_3)^-$ mg/g		$(\text{PO}_4)^{3-}$ mg/g	
	Abfluss	Boden	Abfluss	Boden
<b>Boden</b>	4,24	0,76	3,68	1,32
<b>Boden + KL</b>	2,85	2,15	2,14	2,99

# 4. Wirkungsmechanismen von Zeolith im Boden

## Einfluss von Zeolith auf

- Ionenaustauschkapazität der Böden
- Speicherung von Ammonium
- Anreicherung von Kalium
- Si-Balance
- (PO<sub>4</sub>)-
- **pH-Wert des Bodens**
- Humusgehalt
- Bodenstruktur
- Wasser- und Lufthaushalt
- Nützliche Mikroflora bzw. mikrobielle Zenose
- Binden von Schadstoffen wie Schwermetalle
- Binden von Radionukliden, z. B. Sr-90 und Cz-137

# Einfluss des KL auf pH-Wert des Bodens

Zusammensetzung	Bodentyp	
	Roterde	Podzolboden
Boden	4,2	4,6
Boden + Torf (5 %)	4,0	4,3
Boden + Torf (5 %) +KL (10 %)	5,4	5,6

# Einfluss des Klinoptilolith auf den pH-Wert des Bodens

Zusammensetzung	pH	Menge des freigesetzten CO <sub>2</sub> in 24h	
		mg/kg (Boden)	kg/ha (Boden)
Boden	4,20	1,28	1600
Klinoptilolith	9,20	0	0
Torf	4,30	0,14	175
Klinoptilolith + Torf (1:1)	5,75	0,16	200
Boden + Klinoptilolith (9:1)	5,80	4,2	5250
Boden + Torf (9:1)	4,25	1,30	1625
Boden + Klinoptilolith + Torf (8:1:1)	5,40	1,83	2287
Boden + Klinoptilolith (4:1)	6,1	6,46	8075
Boden + Torf (4:1)	4,28	1,33	1663
Boden + Klinoptilolith + Torf (3:1:1)	5,90	2,37	2962

# 4. Wirkungsmechanismen von Zeolith im Boden

## Einfluss von Zeolith auf

- Ionenaustauschkapazität der Böden
- Speicherung von Ammonium
- Anreicherung von Kalium
- Si-Balance
- (PO<sub>4</sub>)-
- pH-Wert des Bodens
- Humusgehalt
- Bodenstruktur
- Wasser- und Lufthaushalt
- Nützliche Mikroflora bzw. mikrobielle Zenose
- Binden von Schadstoffen wie Schwermetalle
- Binden von Radionukliden, z. B. Sr-90 und Cz-137



# 4. Wirkungsmechanismen von Zeolith im Boden

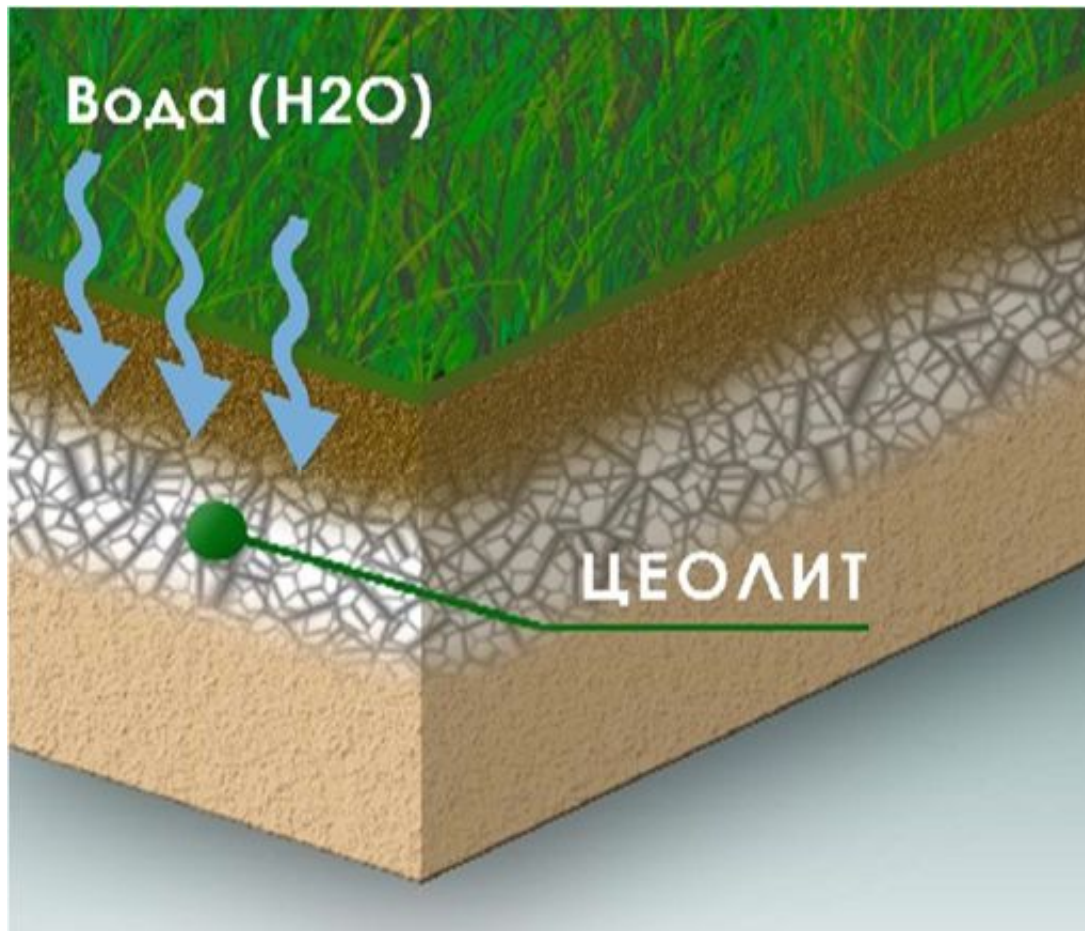
## Einfluss von Zeolith auf

- Ionenaustauschkapazität der Böden
- Speicherung von Ammonium
- Anreicherung von Kalium
- Si-Balance
- (PO<sub>4</sub>)-
- pH-Wert des Bodens
- Humusgehalt
- **Bodenstruktur**
- Wasser- und Lufthaushalt
- Nützliche Mikroflora bzw. mikrobielle Zenose
- Binden von Schadstoffen wie Schwermetalle
- Binden von Radionukliden, z. B. Sr-90 und Cz-137

# 4. Wirkungsmechanismen von Zeolith im Boden

## Einfluss von Zeolith auf

- Ionenaustauschkapazität der Böden
- Speicherung von Ammonium
- Anreicherung von Kalium
- Si-Balance
- (PO<sub>4</sub>)-
- pH-Wert des Bodens
- Humusgehalt
- Bodenstruktur
- **Wasser- und Lufthaushalt**
- Nützliche Mikroflora bzw. mikrobielle Zenose
- Binden von Schadstoffen wie Schwermetalle
- Binden von Radionukliden, z. B. Sr-90 und Cz-137





# 4. Wirkungsmechanismen von Zeolith im Boden

## Einfluss von Zeolith auf

- Ionenaustauschkapazität der Böden
- Speicherung von Ammonium
- Anreicherung von Kalium
- Si-Balance
- (PO<sub>4</sub>)-
- pH-Wert des Bodens
- Humusgehalt
- Bodenstruktur
- Wasser- und Lufthaushalt
- **Nützliche Mikroflora bzw. mikrobielle Zönose**
- Binden von Schadstoffen wie Schwermetalle
- Binden von Radionukliden, z. B. Sr-90 und Cz-137

# Mikroflora-Produktivität in Abhängigkeit von Bodenzusammensetzung

Bodenzusammensetzung	Biomassemenge	
	kg/t	t/ha
Boden	2,69	8,08
Boden + Torf (5 %)	0,89	2,66
Boden + KL (5 %)	5,32	15,96
Boden + Torf (5 %) + KL (5 %)	4,80	11,64

# Anteil an Actinomizeten in Böden (Mass. in %) an Gesamtmasse von Mikroflora

Zusammensetzung	Anteil an Aktinomizetten, %
Roterde	18–20
Podzolboden	22–25
Roterde + KL	30–40
Humus-Karbonatboden	60–70

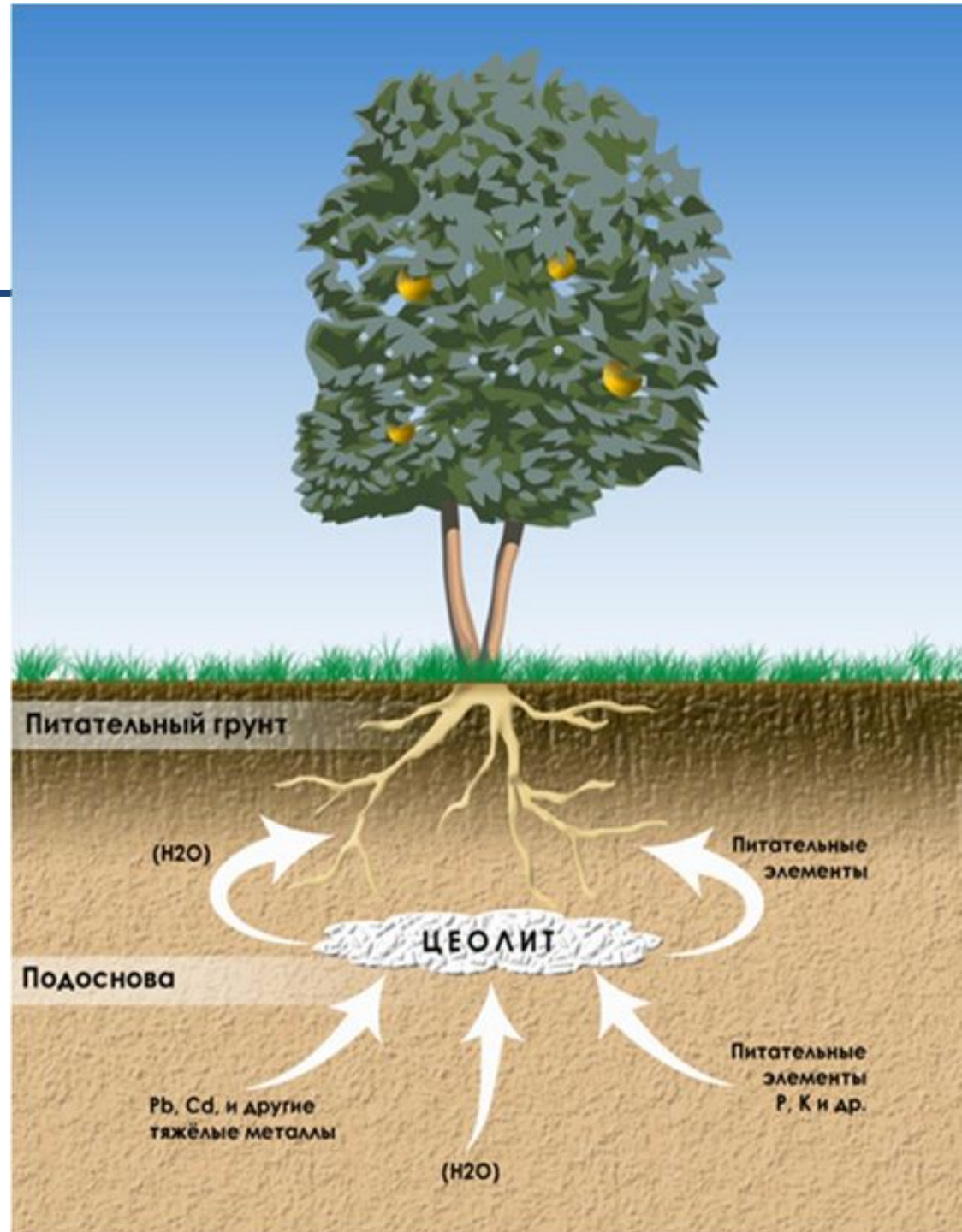
Produktivität von Bakterienmasse steigt nach dem Eintrag von KL in den Boden und beeinflusst positiv den Bodenbiozönose, fördert die Transformation organischer Verbindungen in die für die Mikroorganismen und Pflanzen zugängliche und verwertbare Form.

# 4. Wirkungsmechanismen von Zeolith im Boden

## Einfluss von Zeolith auf

- Ionenaustauschkapazität der Böden
- Speicherung von Ammonium
- Anreicherung von Kalium
- Si-Balance
- (PO<sub>4</sub>)-
- pH-Wert des Bodens
- Humusgehalt
- Bodenstruktur
- Wasser- und Lufthaushalt
- Nützliche Mikroflora bzw. mikrobielle Zenose
- Binden von Schadstoffen wie Schwermetalle
- Binden von Radionukliden, z. B. Sr-90 und Cz-137





# 5. Beispiel eines typischen Naturzeoliths



# 5. Beispiel eines typischen Naturzeoliths



# 5. Beispiel eines typischen Naturzeoliths

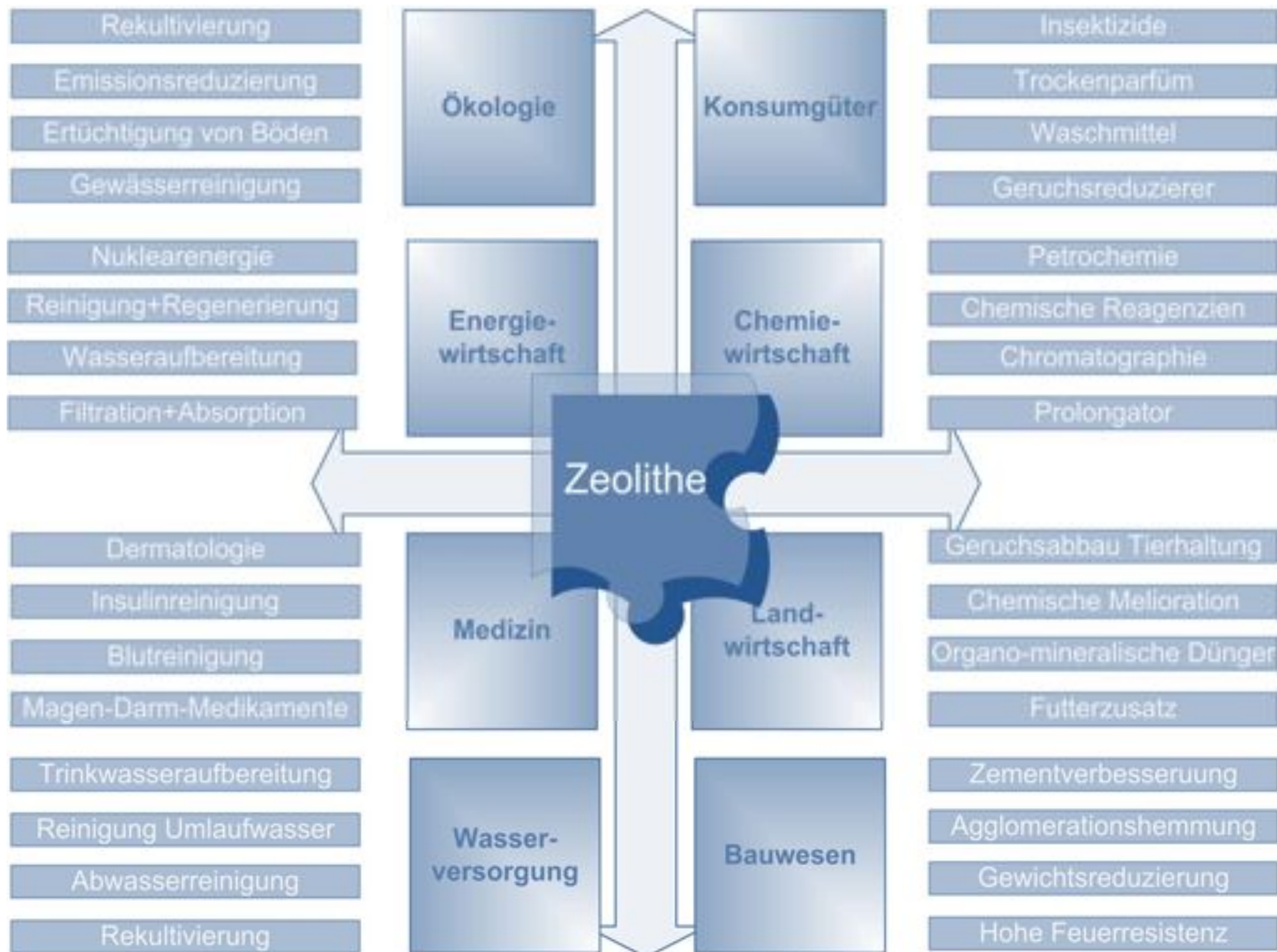


# 6. Ausblick

---

Zeolith

Ein Mineral macht Karriere





# Kontakt

Dipl.-Ing. Nina Schulze

Zeolithwelt GmbH  
Kirchstraße 1  
04565 Regis-Breitingen

Telefon 034343/ 91 09 41  
Mail [nina.schulze@zeolithwelt.de](mailto:nina.schulze@zeolithwelt.de)  
Web [www.zeolithwelt.de](http://www.zeolithwelt.de)  
[www.ostwesttransfer.de](http://www.ostwesttransfer.de)