



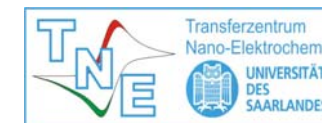
# Nachhaltige Chemie in den Schülerlaboren NanoBioLab und FreiEx



**Rolf Hempelmann**, Walter Zehren, Angela Munnig  
Physikalische Chemie



UNIVERSITÄT  
DES  
SAARLANDES



Ingo Eilks, Nicole Poppe und Silvija Markic  
Didaktik der Chemie

Jörg Thöming und **Antje Siol**  
Zentrum für Umweltforschung und  
Nachhaltige Technologien (UFT)



Universität Bremen



- Tandem-Vortrag
- Allgemeiner Teil (RH)
  - Aktivitäten in Saarbrücken (RH)
  - Aktivitäten in Bremen (AS)



# Chemie und Nachhaltigkeit - Entwicklung neuer experimenteller Angebote für Schülerinnen und Schüler



im NanoBioLab in Saarbrücken: vorwiegend Physikalische und Elektrochemie inkl. Energie und Ionische Flüssigkeiten;

im FreiEx in Bremen: Entwicklung von „Speed“-Synthesen auf der Basis des „Nachhaltigen Organischen Praktikums“ (NOP):

Chemie mit nachwachsende Rohstoffe,  
Biomasse als stoffliche Basis  
und Fachdidaktische Begleitung

bei SchülerInnen kurz-, mittel- und langfristig  
Motivation und Kognition bzgl.:

- Nachhaltige Chemie
- Ressourceneffizienz
- Energienachhaltigkeit

vier Niveau-Stufen:

5./6. Klassenstufe

7./8. Klassenstufe

9./10. Klassenstufe

11./12. Klassenstufe



Abschluss: Buch und/oder Internet-Portal



# A) Einzelne Praktikumseinheiten (Modulbausteine)

## Konzeption der Experimente:

„Nachhaltig“ wirkende Experimentalaufgaben sind

- selbstständig bearbeitbar
- thematisch in den laufenden Unterricht eingebunden,
- Teilaufgaben in höchstens 15 Minuten zu bearbeiten,  
offen und enaktiv lösbar,  
verbunden mit Fehlvorstellungen

**Wiederkehrende Besuche**

in Saarbrücken 2 Schulpartnerschaften:



## B) Module

**Bausteine 1, 2 + 5 PFLICHT**

**Bausteine 3 + 4 OPTIONAL**

Modul	Thema XY	Ort	Dauer	
<b>Baustein 1</b>	Einführung	Schule/Schülerlabor	1 h	
<b>Baustein 2</b>	<b>Praktikum</b>	<b>Schülerlabor</b>	2-3 h	
<b>Baustein 3</b>	Laborführung	Einblicke in die Forschung	Forschungslabor	1-2 h
<b>Baustein 4</b>	Exkursion	Einblicke in Arbeit und Wirtschaft	Industrie	2-4 h
	und / oder berufliche Orientierung	Universität	1 h	
<b>Baustein 5</b>	Nachbereitung	Schule/Schülerlabor	1 h	







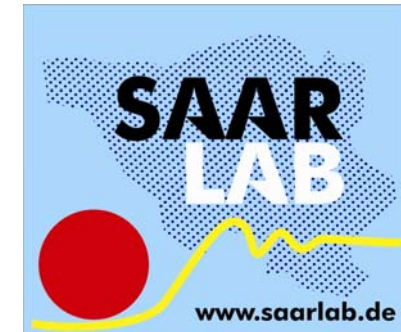
# C) Unterrichtsreihe bestehend aus mehreren Modulen



z.B. für das Seminarfach oder z.B. als WissenschaftsCamp:

Saarbrücker Sieben-Labore-Tour

Hauptthema Herbst 2011: Metalle



als Betreuerin im Herbst 2011:  
Nicole Poppe aus Bremen



## Fachdidaktische „Optimierung“ der Experimente

- Lehrplanbezug und Passfähigkeit zur Schule
- Didaktische Gestaltung der Experimente, der Aufgabenstellungen (im Sinne von Forschendem Experimentieren) und der Versuchsbeschreibungen

## Begleitende empirische Untersuchungen

- Schülerinnen und Schüler
  - Untersuchungen zur Auswirkung der Schülerlabor-Besuche auf die fachbezogene Motivation (MoLe - Motivationales Lernklima)
  - Erfassung von Schülerkenntnissen und Einstellungen im Bereich „Nachhaltigkeit“ und „Nachhaltige Chemie“
- Lehrerinnen und Lehrer
  - Untersuchungen zu Einstellungen und Erwartungen der Lehrkräfte an Schülerlabore im Allgemeinen und bezogen auf die Projektangebote im Schülerlabor im Besonderen





UNIVERSITÄT  
DES  
SAARLANDES



- Schüler der Klassen 8-10
- 1-2 Labornachmittage pro Woche
- in 9 Jahren mehr als 9000 Schüler
- altersgemäß gestellte Aufgaben
- Themen aus laufendem Unterricht
- eigenständiges Experimentieren
- Folgetermine für interessierte Schüler
- Einbindung als fachdidaktisches Praktikum in die Lehrerausbildung

**Uni macht Schule**



# „Dem Rost ein Schnippchen schlagen“

Staatsexamensarbeit Johannes Agné



## **Modul zum Thema Korrosionsschutz von Eisenteilen durch Verzinken“ bestehend aus fünf Modulelementen**

1. Einführung in die Thematiken „Korrosion“ und „Metallisierung“
2. Schülerexperimente „Korrosion von Eisen“ und „Verzinken“
3. Galvanoformen in universitärer F&E-Arbeit (Verbundprojekt)
4. Verzinken in der Industrie: Besuch einer Großverzinkerei
5. Nachlese





# 1) Korrosion von Eisen



Definition des Korrosionsbegriffs:

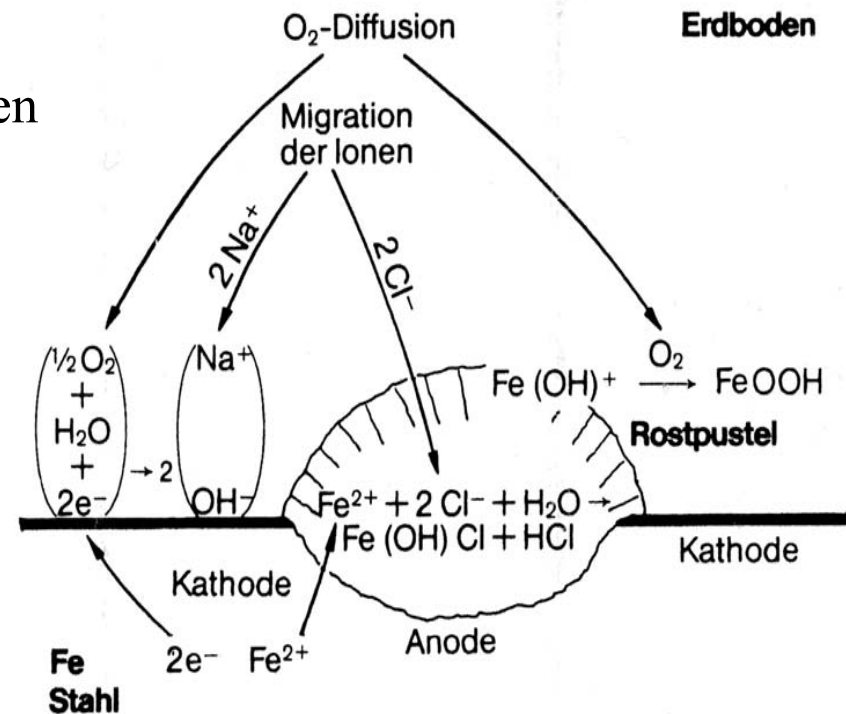
von der Oberfläche ausgehende unerwünschte Oxidation metallischer Werkstoffe durch elektrochemische Reaktion mit seiner Umgebung, was zur völligen Zerstörung des Werkstücks führen kann

Ökologische und ökonomische Aspekte des Korrosionsschutzes

Korrosionsarten und Korrosionsmechanismen

Sauerstoffkorrosion

Säurekorrosion



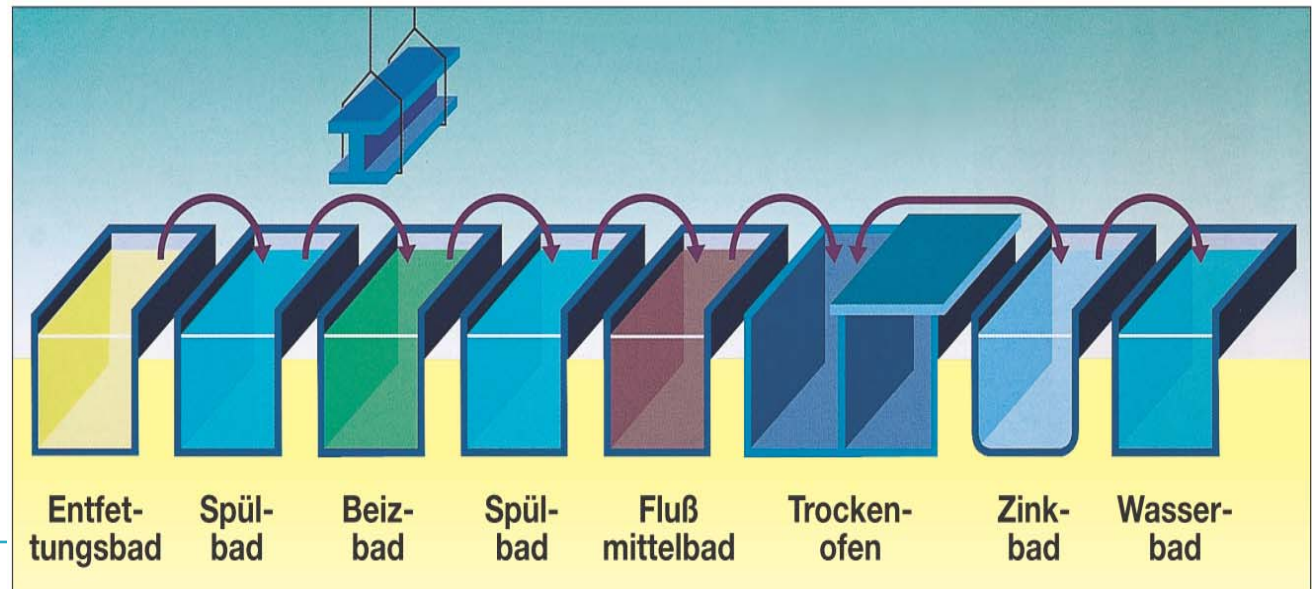


# Korrosionsschutz



Quelle: VDI – Lackierung  
unter Berücksichtigung  
von Arbeits- und  
Umweltschutz

Quelle: Bauforumstahl.de

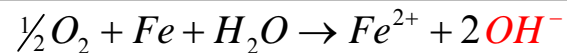
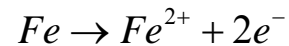
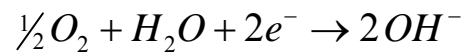




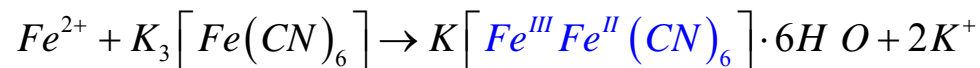
## 2) Schülerpraktikum Korrosion/Korrosionsschutz

A1: Eisenbleche sollen elektrolytisch  
möglichst gleichmäßig verzinkt werden

A2: Qualitative Beurteilung des Korrosionsschutzes  
von verzinktem Eisen, lackiertem Eisen und Weißblech



Indikator: Phenolphthalein



A3: Quantitativ: Bestimmung der jährlichen Abnahme  
der Schichtdicke.



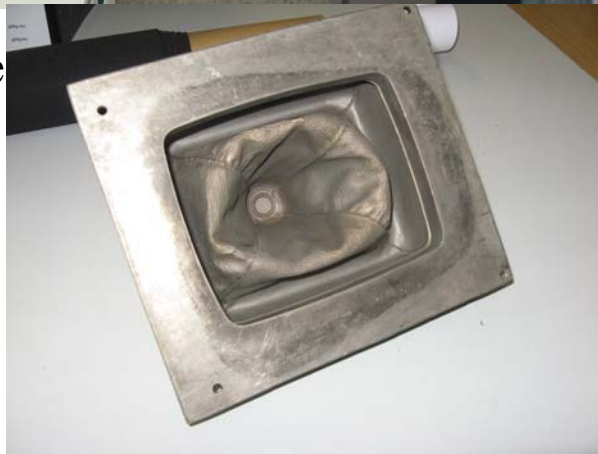




### 3) Galvanik/Galvanoformen im Forschungslabor



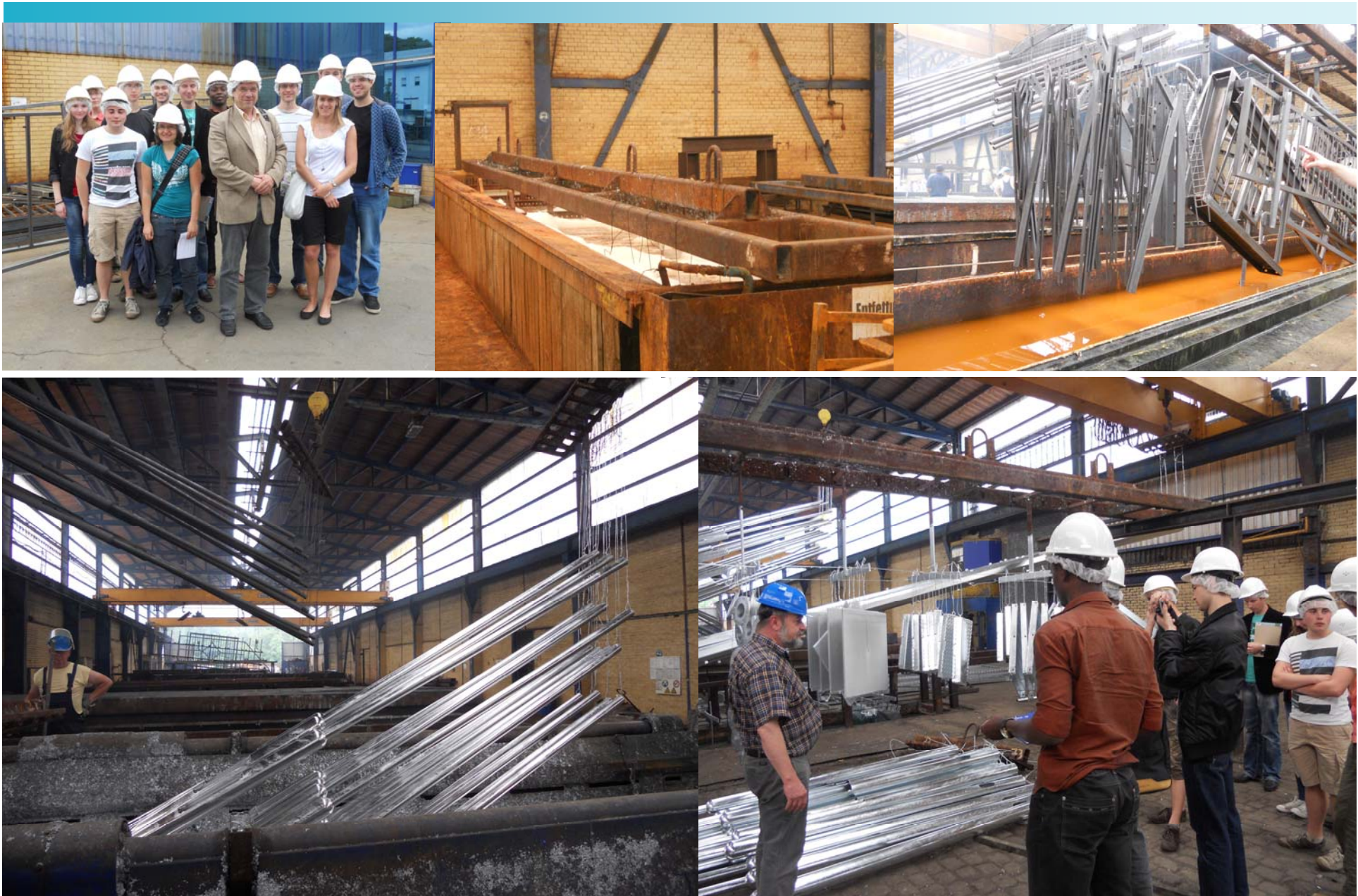
Ziel: Härtere, verschleißfestere und anwendungsoptimierte Werkstoffe und Prozesse für das Galvanoformen durch neue Legierungen und nanostrukturierte Gefüge







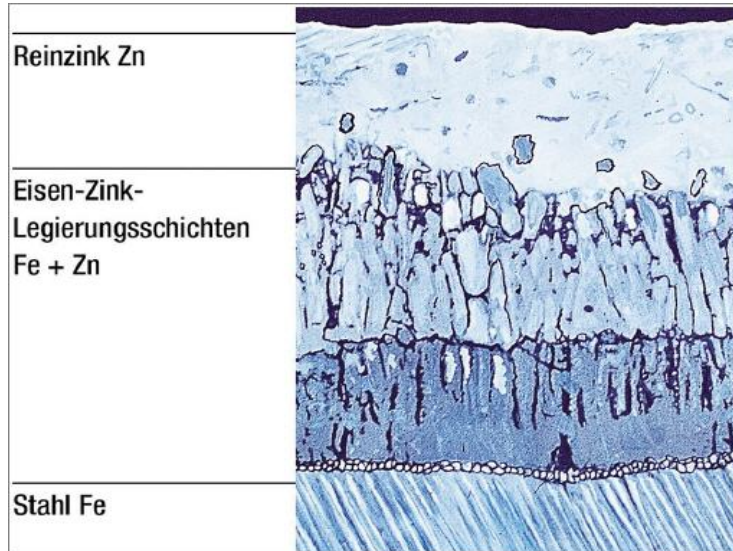
## 4) Großverzinkerei





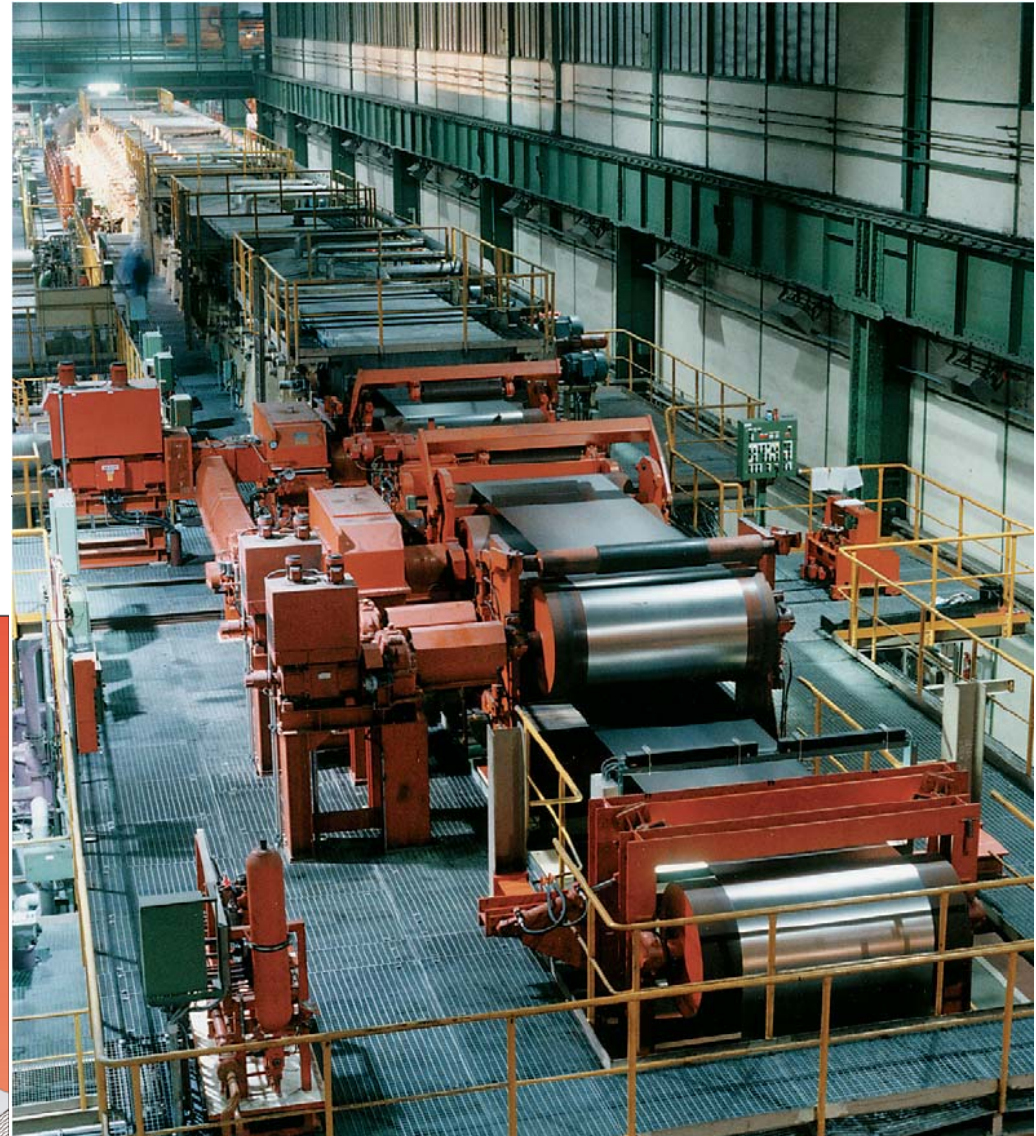
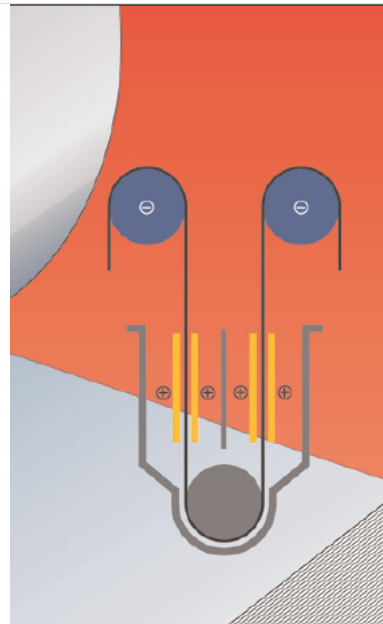


# 5) Nachlese



Mechanismus der Zinkhaftung

Berufsorientierung

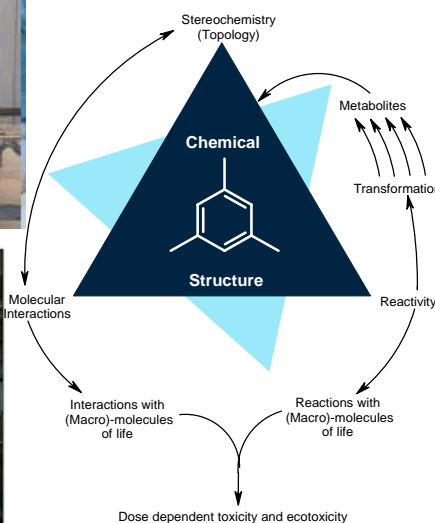


Elektrolytische Bandverzinkungsanlage





- Schüler der Klassen 3-13
- 1 Labornachmittag pro Woche
- in 6 Jahren mehr als 3000 Schüler
- altersgemäß gestellte Aufgaben
- Themen aus laufendem Unterricht
- eigenständiges Experimentieren
- Einbindung als fachdidaktisches Praktikum in die Lehrerausbildung
- Unterstützung bei Jufo, BUW, Chemieolympiade etc.
- Nachhaltigkeit / langfristiger Betrieb





**Modul zum Thema „Synthese von Kunststoffen aus Polymilchsäure zur Herstellung von Faserverbundwerkstoffen aus Bambus- und Jutefasern“ bestehend aus sechs Modulbausteinen**

1. Theoretische Einführung
2. Schülerexperimente „Lernzirkel Kunststoffe – Lernen an Stationen“
3. Schülerexperiment „Ringöffnungspolymerisation von Polylactid“
4. GFK in der universitären Forschung: Bremer Faserinstitut, IFAM (Fraunhofer Institut für Materialforschung), Baumwollbörse
5. GFK in der Industrie: Exkursion Windräder, Flugzeug- od. Bootsbau,
6. Theoretische Nachlese



# 1) Theoretische Einführung



Kunststoffe überall: vom 'Super-leicht-Bauteil' bis zum Verpackungsmaterial

Problematisch: Entsorgung (energieaufwändig und umweltbelastend)

Herstellung: Kunststoffe werden vor allem aus Erdöl hergestellt (endliche Ressource)

Besonders vorteilhafte mechanische Eigenschaften bei faserverstärkte Kunststoffen:  
hohe Stabilität / Festigkeit bei geringem Gewicht; wichtig für  
Flugzeuge (Elektro-)Autos.



Faserverstärkte Kunststoffe: Kohle- und Naturfasern in Kunststoffmatrix gelegt.

Nach wie vor Problem der Rohstoffbeschaffung und Entsorgung:

→ **biologisch abbaubarer Kunststoff, ein Biopolymer!!**





## Aufgabenstellungen

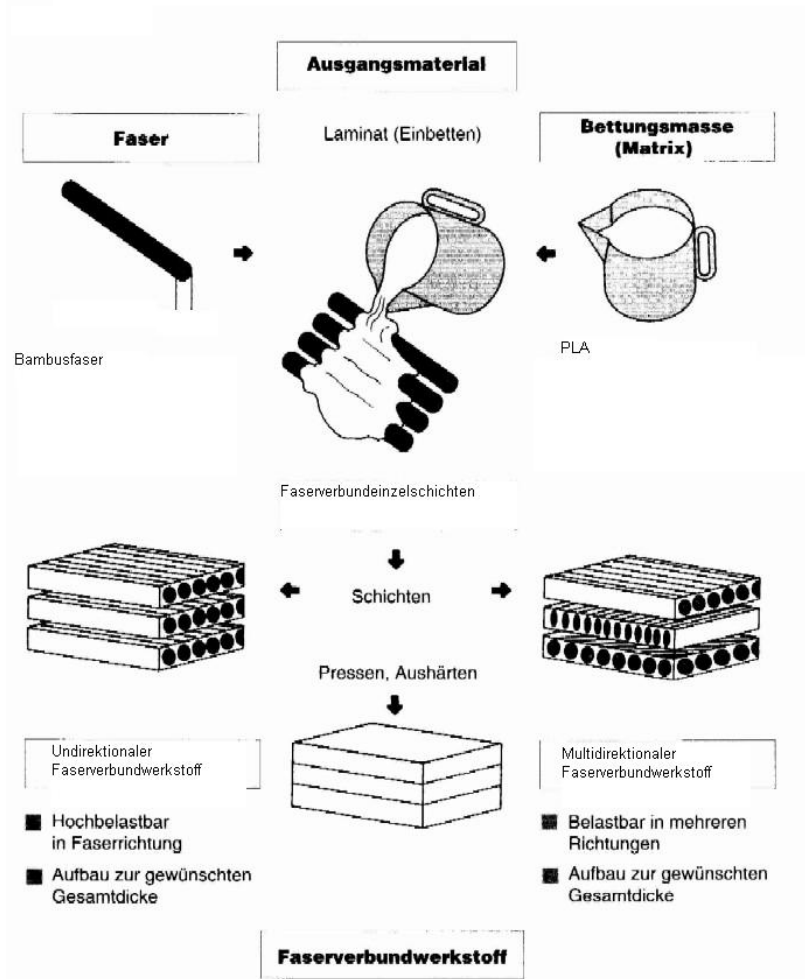
- Basierend auf den bisherigen Arbeiten soll ein neuer Faserverbundwerkstoff hergestellt werden.
- Für den Verbundwerkstoff, der über das Formpressverfahren hergestellt wird, sollen PLA und Bambusfasern verwendet werden. Dabei sollen, die hervorragenden Eigenschaften des Bambus auf den entstehenden Verbundwerkstoff übertragen werden.
- Der Verbundwerkstoff soll auf einem breiten Anwendungsgebiet nutzbar sein, vor allem im Bereich der Ultraleichtwerkstoffe, in dem bisher bloß reine Kunststoffe verarbeitet werden.



Arne Stumper, Malin Meier, Julian Heller



## 2) Faserherstellung



Verbundwerkstoffherstellung schematisch

benötigt werden zwei Komponenten:

Fasern (z.B. Bambusfaser) und Matrixstoff (z.B. PLA)

### 1. Schritt: Naturfaser wird gereinigt und gekämmt



Bambusfasern gereinigt

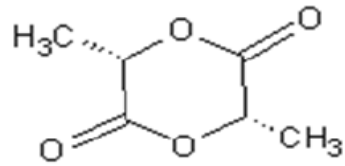
Bambusfasern auf Aluminiumrahmen mit Klebeband fixiert



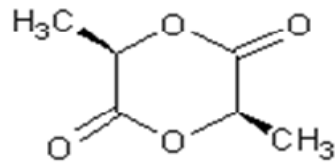
# 3) Polymerisation der Milchsäure



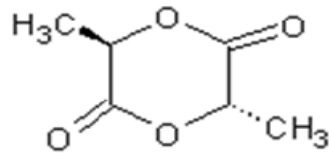
## 2. Schritt: Biokunststoff



L,L- Lactid

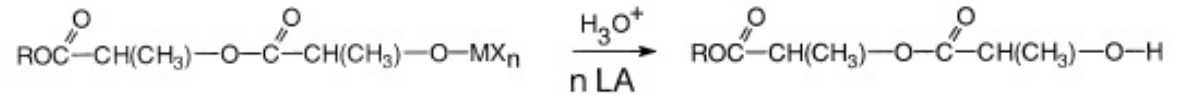
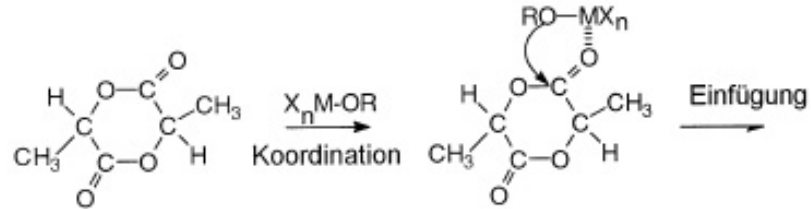


D,D- Lactid



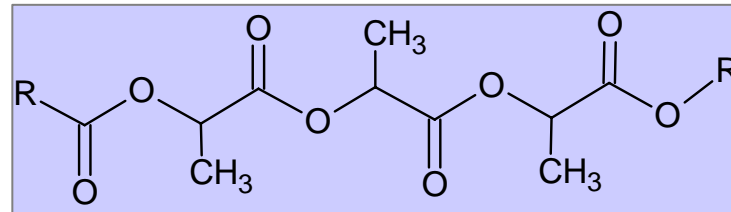
Meso- Lactid

Edukt



wobei R = Alkyl-Gruppe

### Reaktionsmechanismus der Katalytischen Polymerisation



Produkt



PLA: Krepfen mit einer Hundebürste

aus Dipl.-Ing. Jacobsen, Sven (06.02.2001): Darstellung von Polylactiden mittels reaktiver Extrusion. [http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?idn=960826335&dok\\_var=d1&dok\\_ext=pdf&filename=960826335.pdf](http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?idn=960826335&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=960826335.pdf) [Stand 3.1.2010]





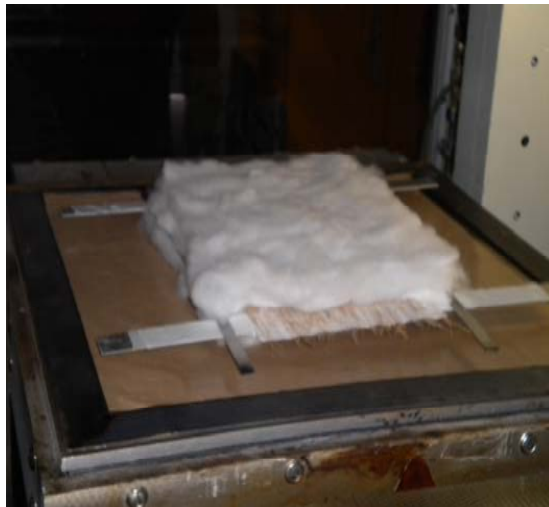
## 4) Umsetzung im Faserinstitut

### 3. Schritt: beide Fasern schichten und miteinander verschmelzen

Je nach Erwartungen an den Verbundstoff und nach Art der Faser (kurz, lang, Natur oder synthetisch): unterschiedliche Verfahren  
→ Verbundstoff

Zugversuch mit Prüfmaschine:

Unsere Faserverbundstücke sind leider nicht sehr belastbar!



PLA und Bambus „Sandwich“ Faserverbundwerkstoff aus PLA und Bambus

[1] Frau Dr. B. Lohmeier & die Herren P.Rödick & S. Torstrick, Faserinstitut Bremen

[2] Professor Dr. Dipl. Ing. Jörg Muessig, Hochschule für Technik Bremen, Fachbereich Bionik



Prüfmaschine



Kopfbruch



## 5) AREVA Multibrid in Bremerhaven



Mit dieser Exkursion konnten zwei Themenkomplexe (Erneuerbare Energien und Kunststoffe in der Anwendung) kombiniert werden.

Bei der Errichtung des Projektes Alpha Ventus, Deutschlands erstem Offshore-Windpark 45 km vor Borkum hat AREVA Multibrid 5-MW-Windkraftanlagen vom Typ M5000 installiert.





# Ausblick



neue fachspezifische Konzepte und Handhabungen zu weiteren Themen:

- Elektrochemische Energiewandler und Energiespeicher,
- Ionische Flüssigkeiten als alternative Lösungsmittel,
- energetisch günstige, umweltschonender alternativer Reaktionsbedingungen durch Verwendung katalytischer und enzymatischer Reaktionen,
- alternative Techniken zu thermischen Reaktionen: photochemische und elektro-chemische Reaktionen
- Verwendung nachwachsender Rohstoffe.

**Danksagung:**

*gefördert durch*



Deutsche Bundesstiftung Umwelt

[www.dbu.de](http://www.dbu.de)