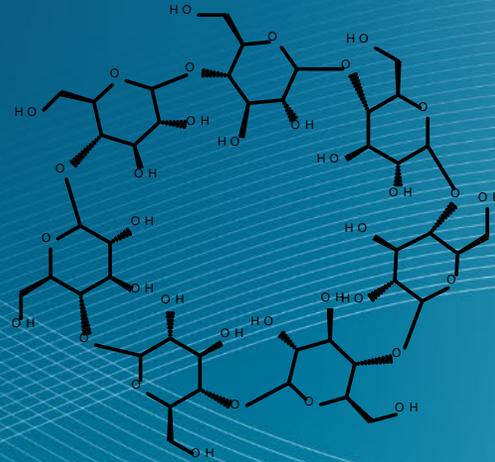


# Forschungsprojekt der Fraunhofer Zukunftsstiftung

15. März 2023

Andrea Burdack-Freitag



## CycloPlasma

Dekontamination zur Erhaltung  
schadstoffbelasteter Holzbauteile in  
historischen Gebäuden mittels  
Cyclodextrinen und  
Plasmatechnologie



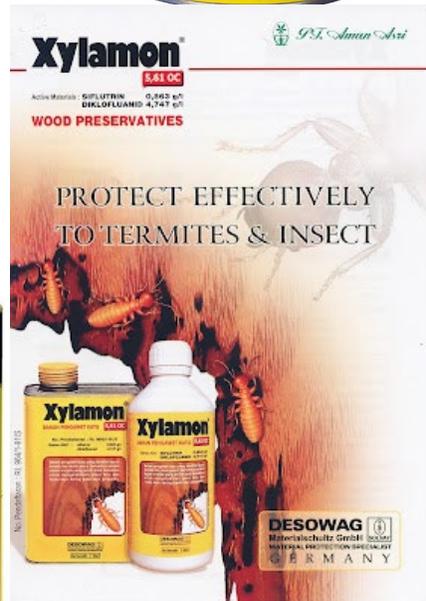
## Mission der Fraunhofer Zukunftsstiftung

- Transformation zu einer nachhaltigen Lebens- und Wirtschaftsweise
- Förderung der Entwicklung von Produkten, Dienstleistungen und Geschäftsmodellen, die einen wichtigen Beitrag zur Lösung globaler Herausforderungen leisten
- Orientierung an den Sustainability-Goals der Vereinten Nationen (SDG)
- Kooperation aus Wissenschaft, Gesellschaft, Politik und Wirtschaft



# Früher war man stolz auf vorbildlichen Holzschutz

Auszug aus einer Besucherbroschüre



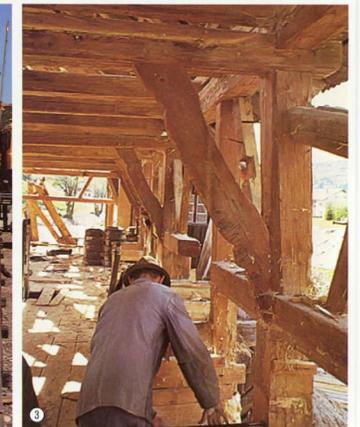
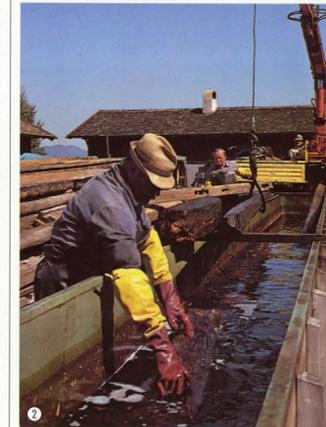
In Europa gibt es zur Zeit etwa 200 Freilichtmuseen mit rund 6.000 Baudenkmälern.

di-  
ste  
ock-  
  
ten  
cht  
man  
in  
zia-  
um

nelt  
ade  
ber  
nen  
im

so  
tlich  
ge-  
Virt-  
auf  
daß  
und  
vor-  
defi-  
nen  
ge-  
leitli-  
este  
der  
eue-  
vom  
einer

alles  
urde,  
nd in  
entar.  
d ent-  
voll-  
nen  
hung



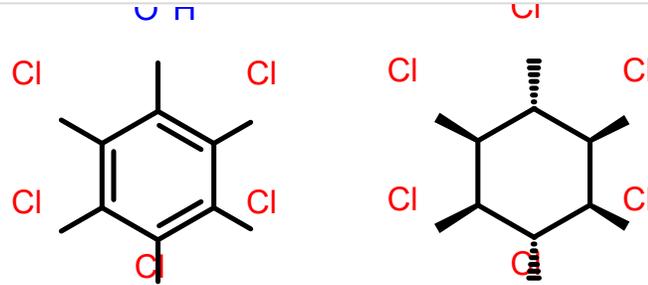
# PCP (Pentachlorphenol) und Lindan (Hexachlorcyclohexan)

Vorteile: insektizid, fungizid, bakterizid



## Vorteile

- insektizid
- fungizid
- bakterizid



## Nachteile

- Neurotoxisch, krebserregend, nierenschädigend
- Persistent, Grenzwert  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , bzw.  $5 \text{ mg}/\text{kg}$  (vulnerable Gruppen  $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Halbwertszeit 3 - 5 a
- Kontinuierliche Langzeitfreisetzung in die Luft
- Abwitterung -> Kontaminierte Stäube

**Seit 1989, bzw. 2008 Verbotstoffe in Deutschland**



# Lindan und PCP weltweit verbreitet

## Internationale Einstufung



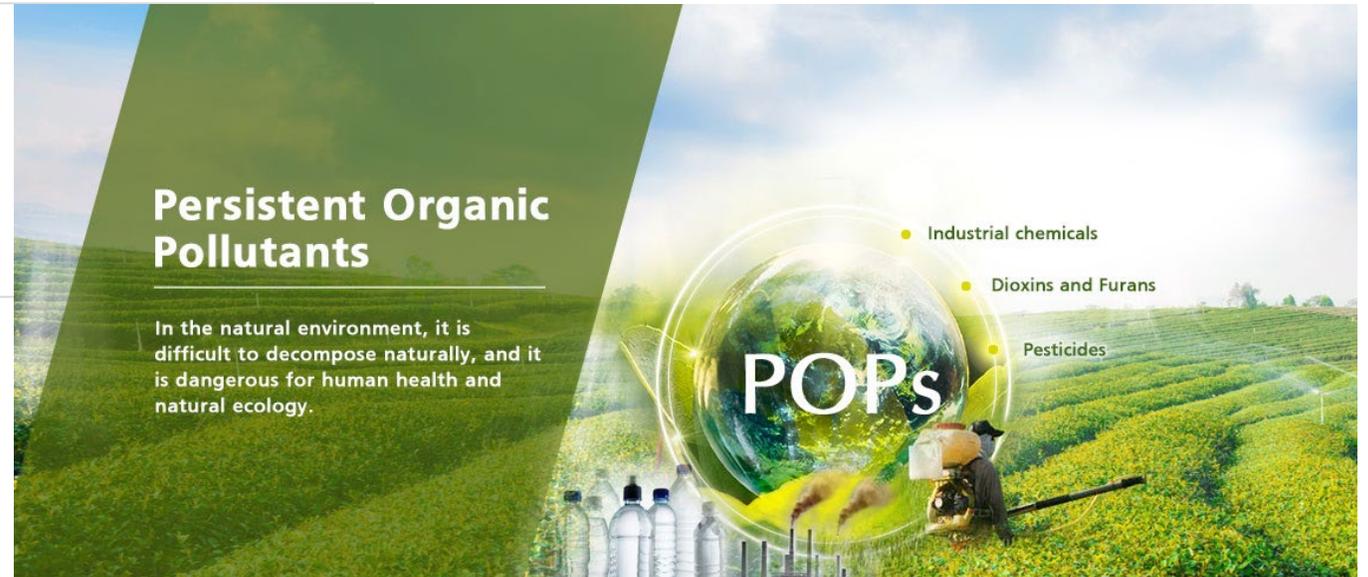
Krebserregend Stufe 1



Jedes 10. Gebäude betroffen



Zuhause, Berufsumfeld, öffentlicher Raum



<https://topic.epa.gov.tw/en>

# Lindan

weltweit

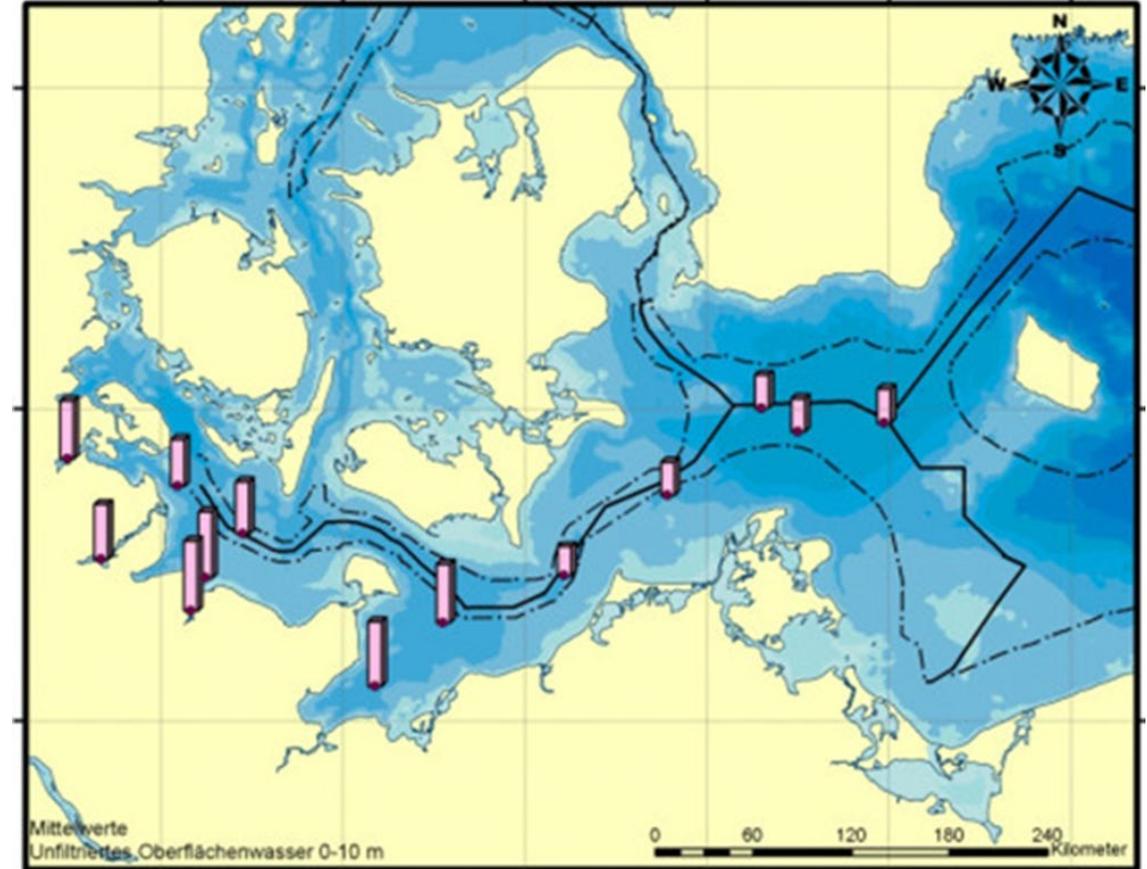
✓ 1950 – 2000 insg. 600.000 T

✓ Hauptproduzenten USA, China, Brasilien, (Süd-) Osteuropa

✓ 2006 – Verbotstoff in 52 Staaten, Restriktionen in 33 Staaten

✓ vmtl. noch Produktion in Indien, Russland

## Lindanmessstellen in der Ostsee (UBA 2018)



# PCP

weltweit



1950 – 2000 ca. 90.000 T/a  
ab 2000 ca. 10.000 T/a



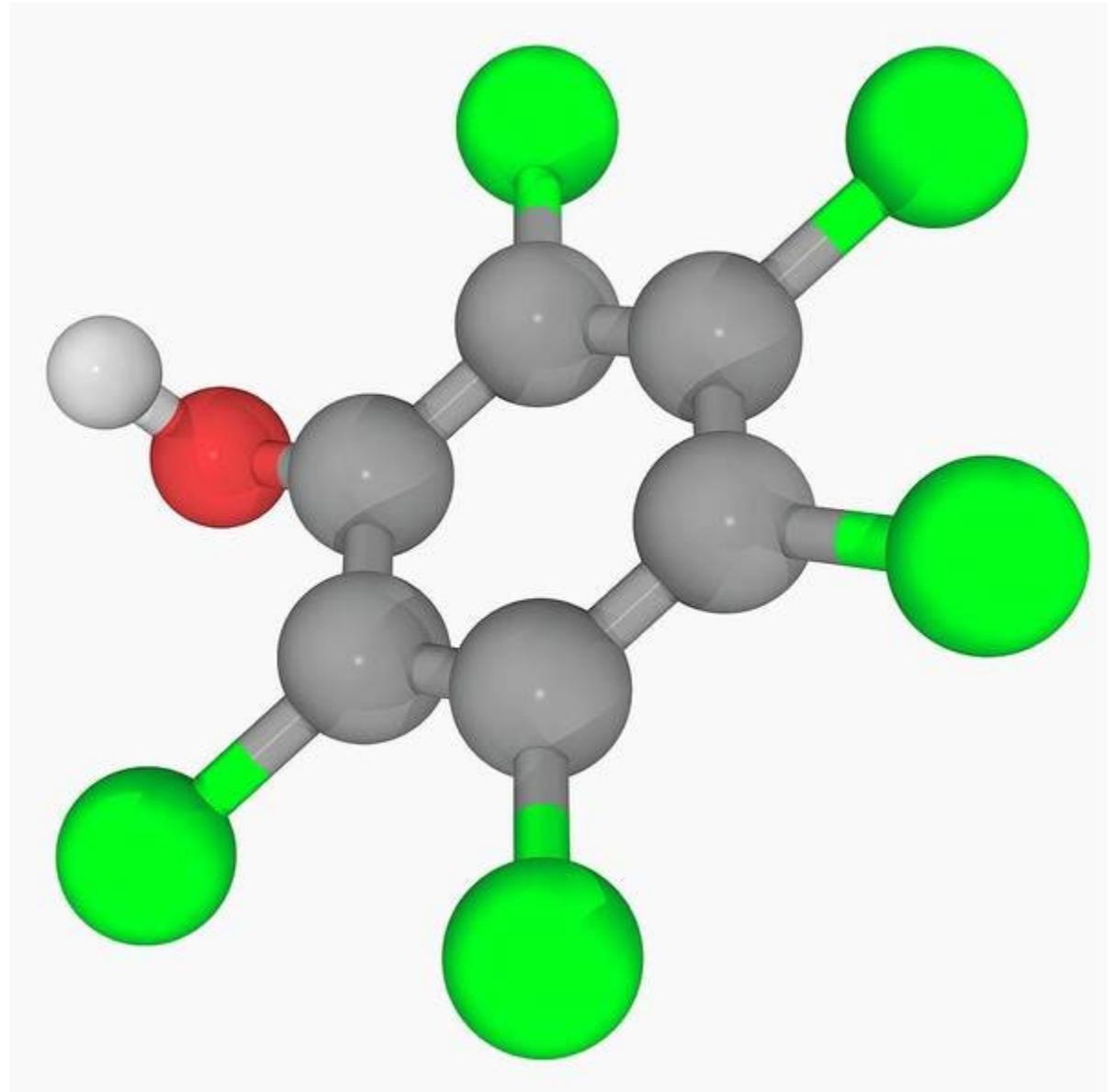
Hauptproduzent USA (bis 2024 erlaubt)



Hölzer aus USA, Frankreich, Indien,  
Taiwan, China immer noch PCP-haltig

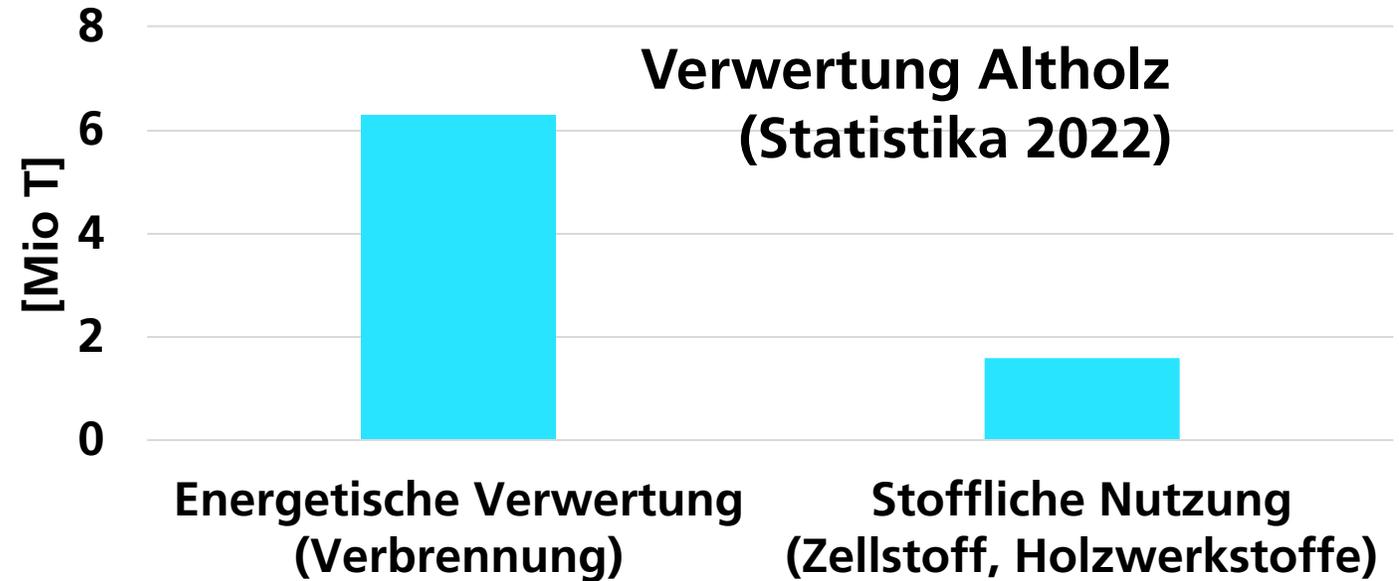


2022 – 2027: „PCP“ EPA-Project



# Strategien zur Minderung in Gebäuden

Wie geht aktuell ein Sanierer vor?



## Standardprozedere

1. Einhausung – Sanierfolien
2. Frischluftzufuhr – Erhöhung der Luftwechselrate
3. Entfernung – Sondermüllentsorgung

# Strategien zur Minderung in Gebäuden

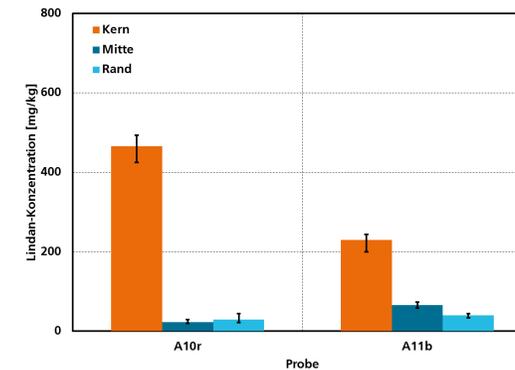
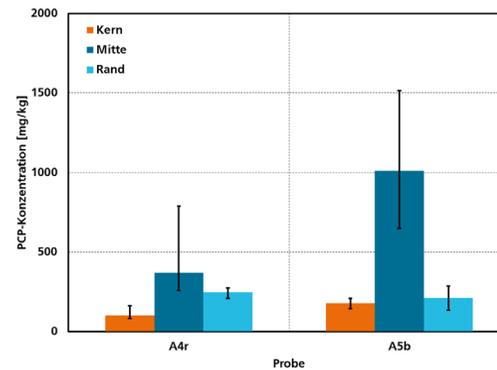
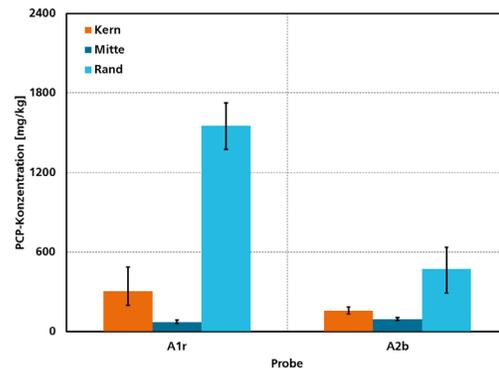
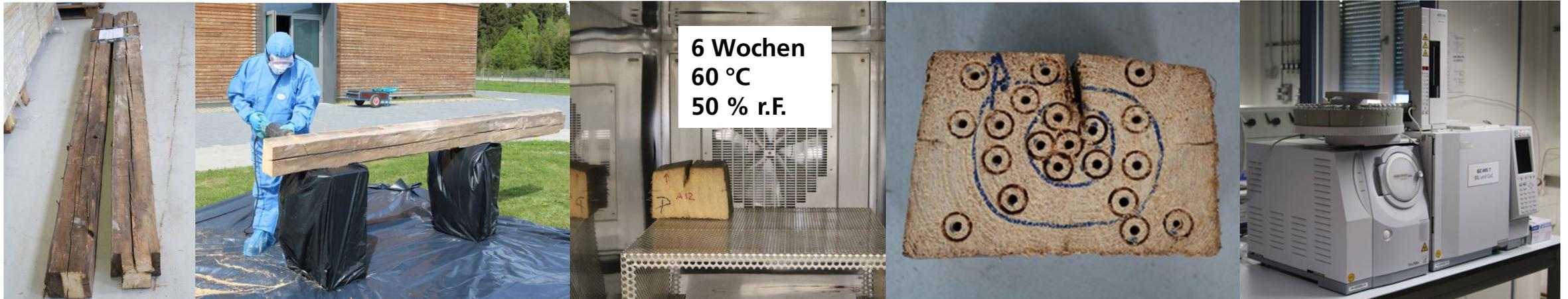
IBP Sanierungsbegleitung eines PCP/Lindan kontaminierten Gebäudes

---



# Vorläuferprojekt Thermoligno-Verfahren

Beschleunigte Freisetzung von PCP und Lindan durch gezielte thermische Behandlung der Hölzer?



# Aktuelles Projekt CycloPlasma-Verfahren

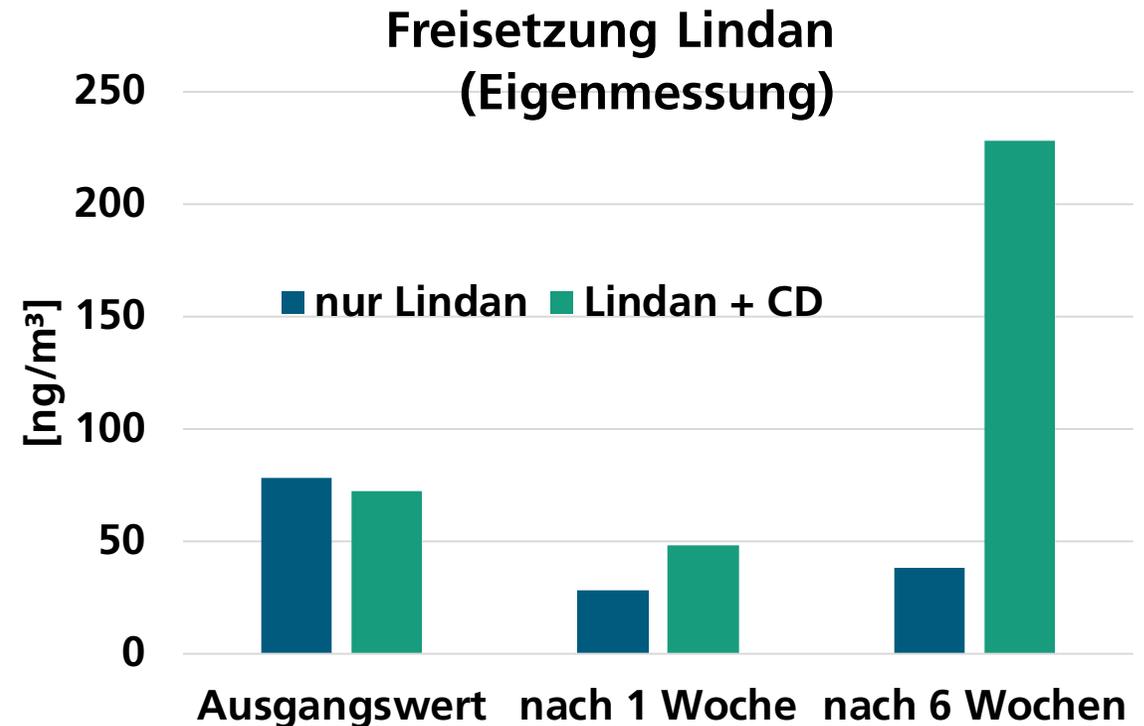
Dekontamination der Holzoberfläche und der Innenraumluft



Verkapselung der Schadstoffe aus dem Holz durch Cyclodextrine



Inaktivierung bereits freigesetzter Schadstoffe durch Plasmatechnik



# Neue Applikation Cyclodextrine

## Schadstoffmagnet

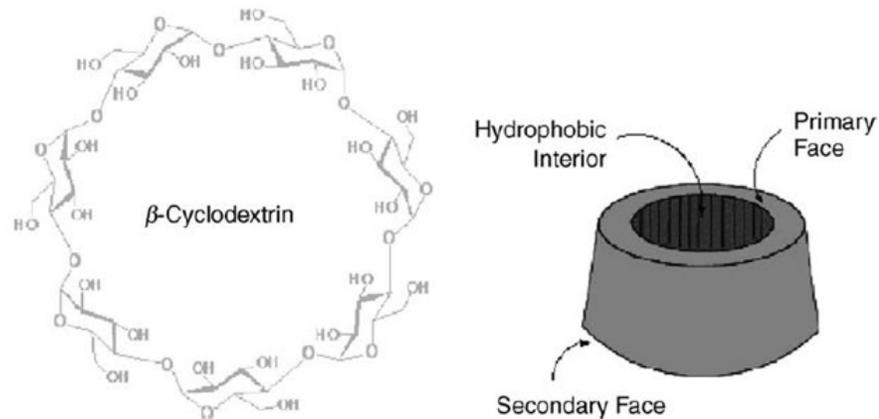


Fig. 1. Chemical structure of  $\beta$ -cyclodextrin.

Quelle: E.M.M. Del Valle / Process Biochemistry 39 (2004) 1033–1046

## Eigenschaften

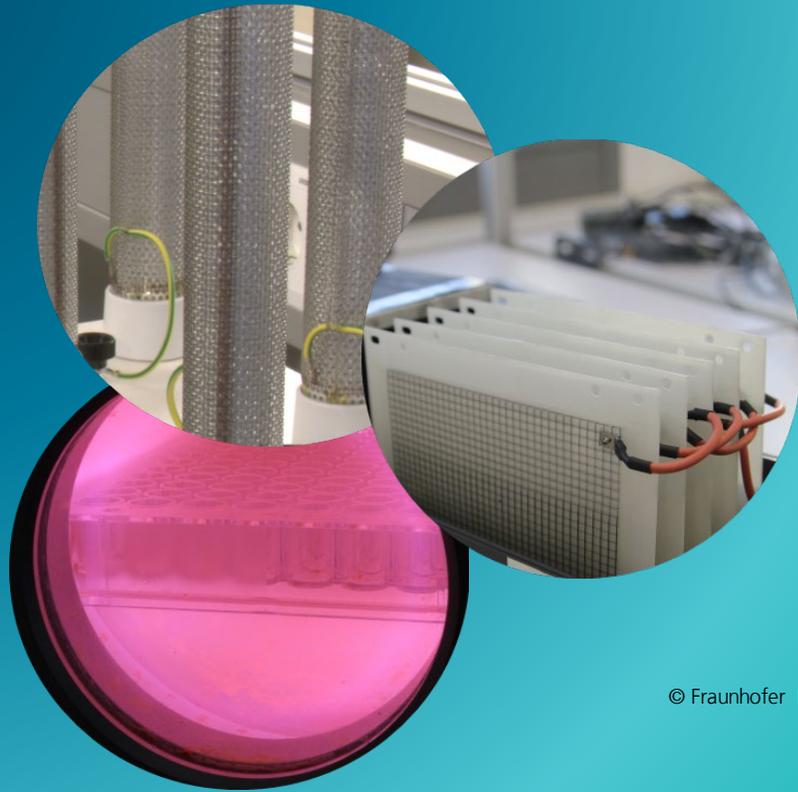
- Farbloser, einfach zu handhabender Feststoff
- Natürlicher Stoff, aus natürlichen Quellen
- Enzymatisch aus Mais/Kartoffelstärke gewonnen
- Kostengünstig zu Beschaffen
- Einfach zu entsorgen

## Anwendungsbeispiele

- Geruchsminderer und Duftstoff-Freisetzer
- kontrollierte Wirkstofffreisetzung in Kosmetika, Nahrungsergänzungsmittel und Medikamente
- Verbesserte Bioverfügbarkeit von Düngern
- Bodenverbesserung von Schwermetalleinträgen und Ölverunreinigungen und Pestizidbelastungen
- Entfernung von Pharmazeutika aus Abwasser

# Plasmatechnologie

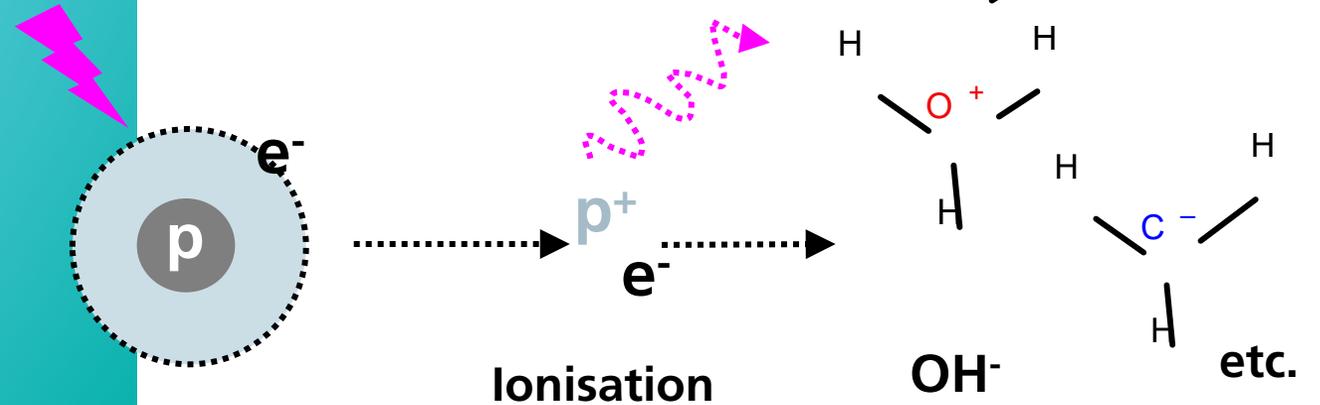
## Innenraumluftreinigung



© Fraunhofer IBP

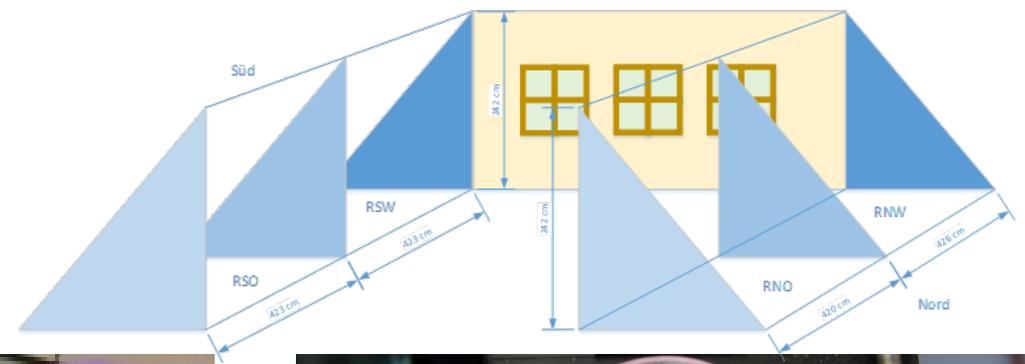
### Funktionsweise

- dielektrische Barriereentladung, Korona-, Mikrowellen-, Gleitlichtbogenentladung
- Bildung eines Ionenplasmas aus Hydrogenium- und Hydroxylum-Ionen, Ozon und ionisierten Molekular-, Peroxid- und Nitroxid-Radikalen
- Abbau organischer Materie
- Inaktivierung von luftgetragenen Schadstoffen



# Labor und Demonstrationsobjekt

## Verfahrensentwicklung und Wirksamkeitsuntersuchung

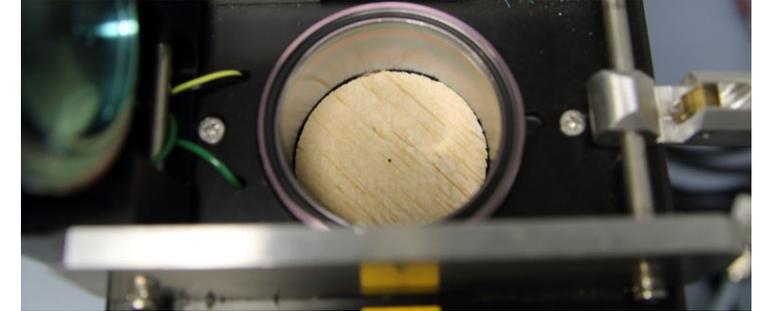


© Markus Jürgens

**Testhölzer**



**Behandlung**



**Konditionierung**



© Markus Jürgens

**Historischer Dachstuhl**



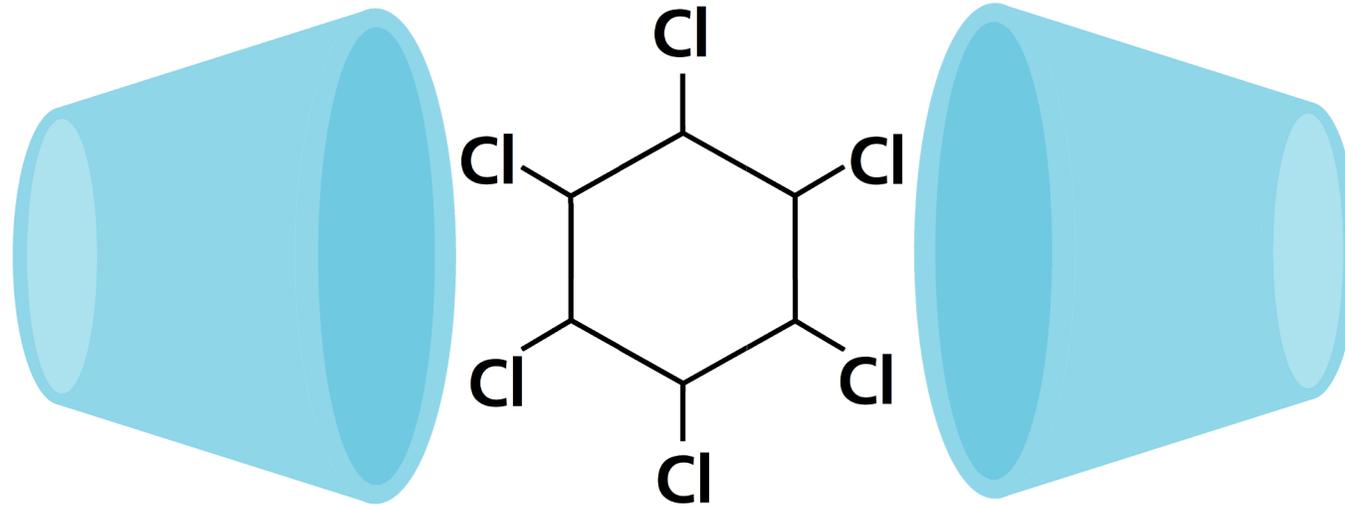
**Ausbau**



**Applikation**

# Projektverlauf

Von TRL 4 auf TRL 6



**Sept. 2022 – Aug. 2023**  
**Verfahrensentwicklung im Labor  
und am Demonstrationsobjekt**

**Aug. 2023 – Dez. 2023**  
**Datengenerierung und  
Langzeitstabilität**

**Frühjahr 2024**  
**Freigabe des  
Demonstrations-  
objekts**

# Potential

Wirtschaftlich, ökologisch, gesellschaftlich,

➤ Environment,  
Social,  
Governance  
ESG

➤ Sustainable  
Development  
Goals SDG

➤ Wertschöpfung

3 GESUNDHEIT UND  
WOHLERGEHEN



11 NACHHALTIGE  
STÄDTE UND  
GEMEINDEN



**Ressourcenschonung**



**Gesundheitsschutz**



**Kostensparnis**



**Bewohner, Gebäudebetreiber, Versicherer,  
Immobilienverwaltung, öffentliche Hand**



**Dr. rer. nat. Andrea Burdack-Freitag**  
**Abteilung Umwelt, Hygiene, Sensorik**  
**Tel. +49 8024 643295**  
**[andrea.burdack-freitag@ibp.fraunhofer.de](mailto:andrea.burdack-freitag@ibp.fraunhofer.de)**

Fraunhofer Institut für Bauphysik  
Fraunhoferstraße 10  
83626 Valley  
Germany  
[www.fraunhofer.de](http://www.fraunhofer.de)



Fraunhofer Institute for Building  
Physics IBP



© Burdack-Freitag

