



# Das Verlanden des Kühlwasserspeichers des AKW Tschernobyl und dessen Auswirkungen auf die aquatische Umwelt in der Region



The drying of the Chernobyl NPP cooling pond  
and its implications on the aquatic environment in the region

Georg Steinhauser, Sergiy Dubchak



Institut für Radioökologie und Strahlenschutz

11  
102  
1004

Leibniz  
Universität  
Hannover

## Deutscher Partner

- ▶ Prof. Dr. Georg Steinhauser
- ▶ Leibniz Universität Hannover
- ▶ Institut für Radioökologie und Strahlenschutz



## Ukrainian partner

- ▶ Dr. Sergiy Dubchak
- ▶ State Ecological Academy of Postgraduate Education and Management (SEAPGEM)



## Der Unfall von Tschernobyl

- ▶ 26 April 1986, nördl. von Kiew, Ukraine, UdSSR
- ▶ Fehlgeschlagenes Experiment zerstörte Reaktorblock 4
- ▶ Mehrere Explosionen (äquiv. ~200 t TNT)
- ▶ Kernschmelze, Graphitbrand
- ▶ Kein Containment: Enorme Freisetzungen von Radioaktivität
- ▶ Insgesamt 5300 Petabecquerel (PBq) freigesetzt, das sind

5.300.000.000.000.000.000  
Zerfälle pro Sekunde !!

## The Chernobyl nuclear accident

- ▶ 26 April 1986, north of Kyiv, Ukrainian SSR
- ▶ Failed experiment destroyed reactor unit #4
- ▶ Multiple explosions (equ. ~200 tons of TNT)
- ▶ Nuclear melt-down; graphite fire
- ▶ No containment: Massive releases of radioactivity into the environment
- ▶ Total release of 5300 petabecquerels (PBq), i.e.,

5.300.000.000.000.000.000  
disintegrations per second !!



## Tschernobyl heute

- ▶ Rasche Evakuierung der Städte Tschernobyl und Prypjat und dutzender Dörfer
- ▶ Sperrzone: 2600 km<sup>2</sup>
- ▶ Andauernder Verfall der Städte (Zeitkapsel)
- ▶ Rückeroberung durch die Natur
- ▶ UNESCO Biosphären-Projekt
- ▶ Seit 2016: New Safe Confinement



## Chernobyl today

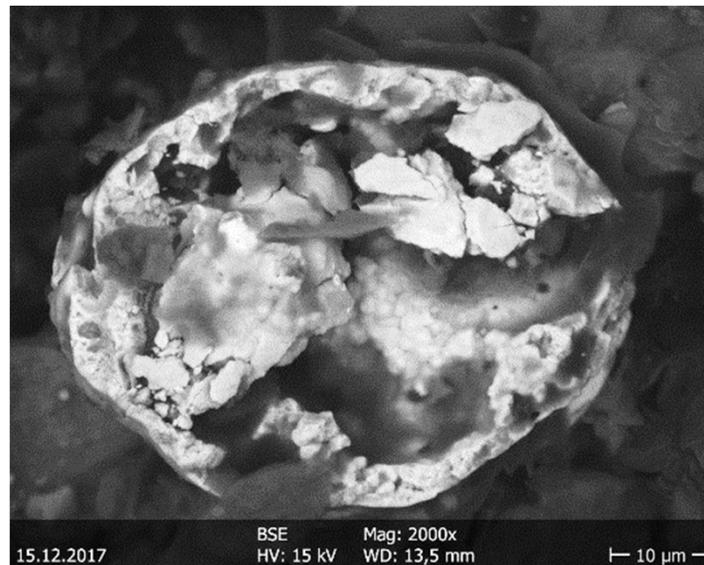
- ▶ Rapid evacuation of the cities of Chernobyl and Prypiat and dozens of villages
- ▶ Exclusion zone: 2600 km<sup>2</sup>
- ▶ Continuing decay of infrastructure (time capsule)
- ▶ Reconquest by nature
- ▶ UNESCO Biosphere project
- ▶ Since 2016: New Safe Confinement

## Radioaktive Freisetzungen

- ▶ Große Mengen an Cäsium-137 wurden freigesetzt
- ▶ Etwas weniger Strontium-90
- ▶ Plutonium in Form hochradioaktiver Partikel („hot particles“)

## Radioactive releases

- ▶ Large amounts of cesium-137 were released
- ▶ Somewhat less strontium-90
- ▶ Plutonium was released in the form of highly radioactive (“hot”) particles



## Hot particles

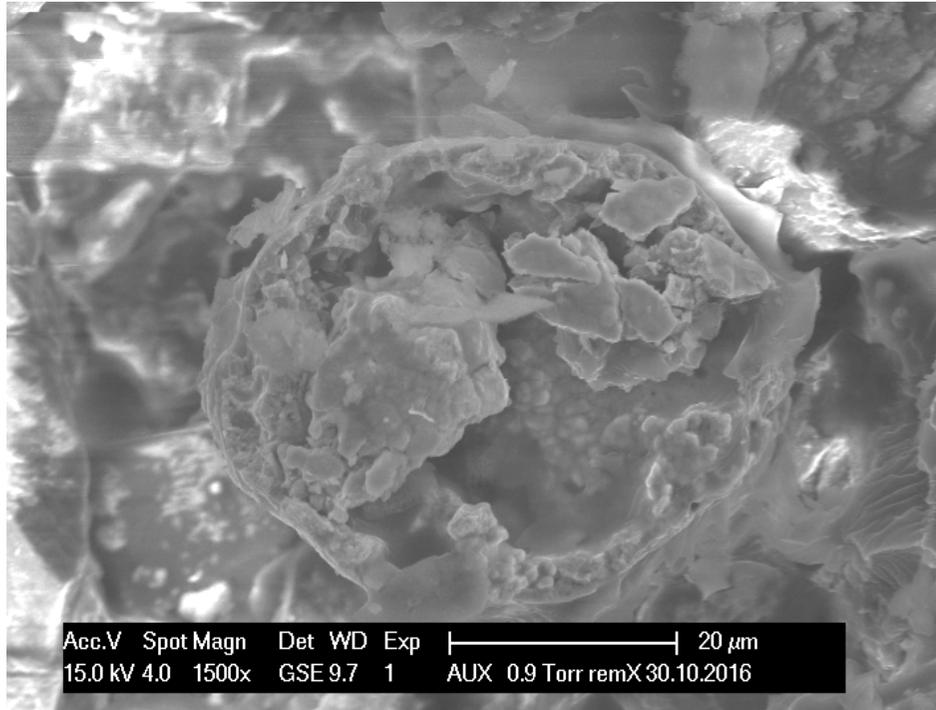
- ▶ Durch die Explosion zerstäubter Uran-Brennstoff
- ▶ Uran, Plutonium und große Mengen an Spaltprodukten

## Hot particles

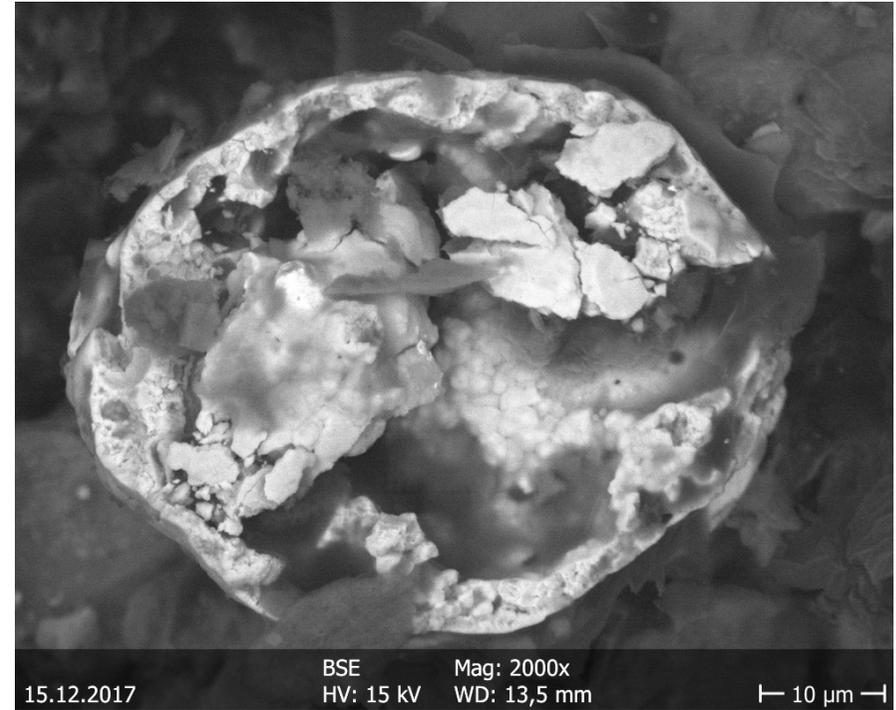
- ▶ Resulted in the explosion: fragmented nuclear fuel
- ▶ Uranium, plutonium and large amounts of fission products



# Hot particles



# Hot particles



## Hot particles

- ▶ Größe 1–100  $\mu\text{m}$
- ▶ Regneten in der Umgebung des Reaktors nieder
- ▶ Chemische Unterschiede:
- ▶ 3 Gruppen, die sich hinsichtlich ihrer Korrosionsbeständigkeit unterscheiden
- ▶ Korrosion (Auflösung) wurde in Erdproben beobachtet, z.B. im Roten Wald
- ▶ Korrosion benötigt Sauerstoff

## Hot particles

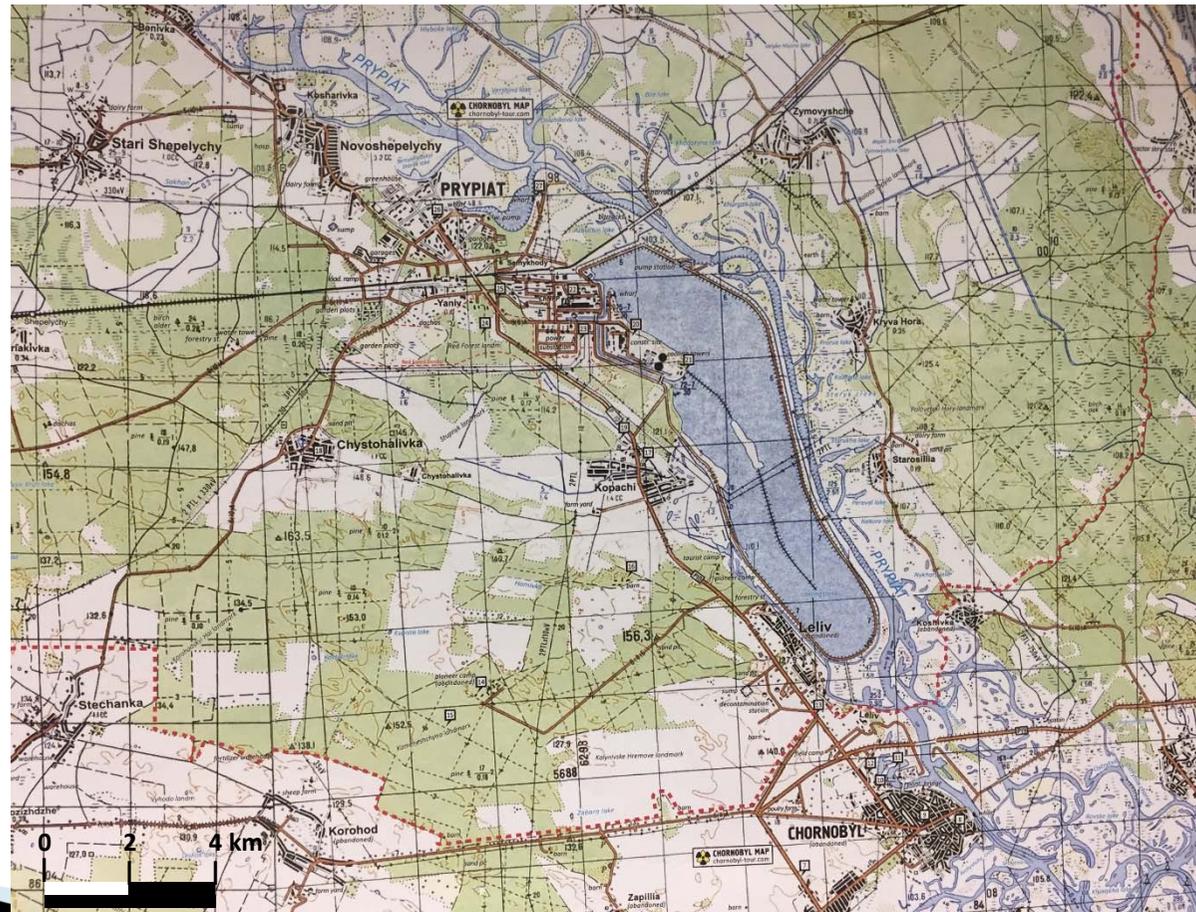
- ▶ Size 1–100  $\mu\text{m}$
- ▶ Rained down in the vicinity of the reactor
- ▶ Chemical differences:
- ▶ 3 groups, according to their resistance against corrosion
- ▶ Corrosion has been observed in soil samples, e.g. stemming from the Red Forest
- ▶ Corrosion requires oxygen

## Der Kühlteich

- ▶ Künstliches Gewässer, 11x3 km
- ▶ Liegt etwas oberhalb der Wasserlinie des Prypjat

## The cooling pond

- ▶ Artificial pond, 11x3 km
- ▶ Located slightly above the water line of the Prypiat River



## Radioaktivität im Kühlteich

- ▶ Hohe Belastung des Wasser unmittelbar nach dem Unfall
- ▶ Belastung des Wassers heute gering, aber hoch im Sediment
- ▶ Gigantische Population an radioaktiven aber gesunden Fischen
- ▶ Hot particles „regneten“ auf die Wasseroberfläche nieder
- ▶ Sie wurden im anoxischen Schlamm am Boden förmlich konserviert
- ▶ ...bis 2016



## Radioactivity in the cooling pond

- ▶ High activity levels in water immediately after the accident
- ▶ Contamination of the water is low today, but high in the sediment
- ▶ Gigantic population of radioactive but otherwise healthy fish
- ▶ Hot particles rained down on the cooling pond
- ▶ They have been preserved in the anoxic sludge at the bottom of the pond
- ▶ ...until 2016



## Das Verlanden des Kühlteichs

- ▶ Der Kühlteich musste seit seiner Errichtung ständig mit Pumpen gefüllt werden
- ▶ So auch nach dem Unfall (Stabilisierung der aquatischen Umwelt)
- ▶ ... bis 2016
- ▶ Aus wirtschaftlichen Gründen wurden im Jahr 2016 die Pumpen abgestellt
- ▶ Wasserstand fiel anfangs rapide, jetzt nur noch langsam



## The drying of the cooling pond

- ▶ The cooling pond had to be filled continuously with water since its erection
- ▶ Even after the accident (stabilization of the the aquatic environment)
- ▶ ... until 2016
- ▶ For economic reasons, the pumps were taken out of operation in 2016
- ▶ Initially, the water level dropped quickly; today only slowly



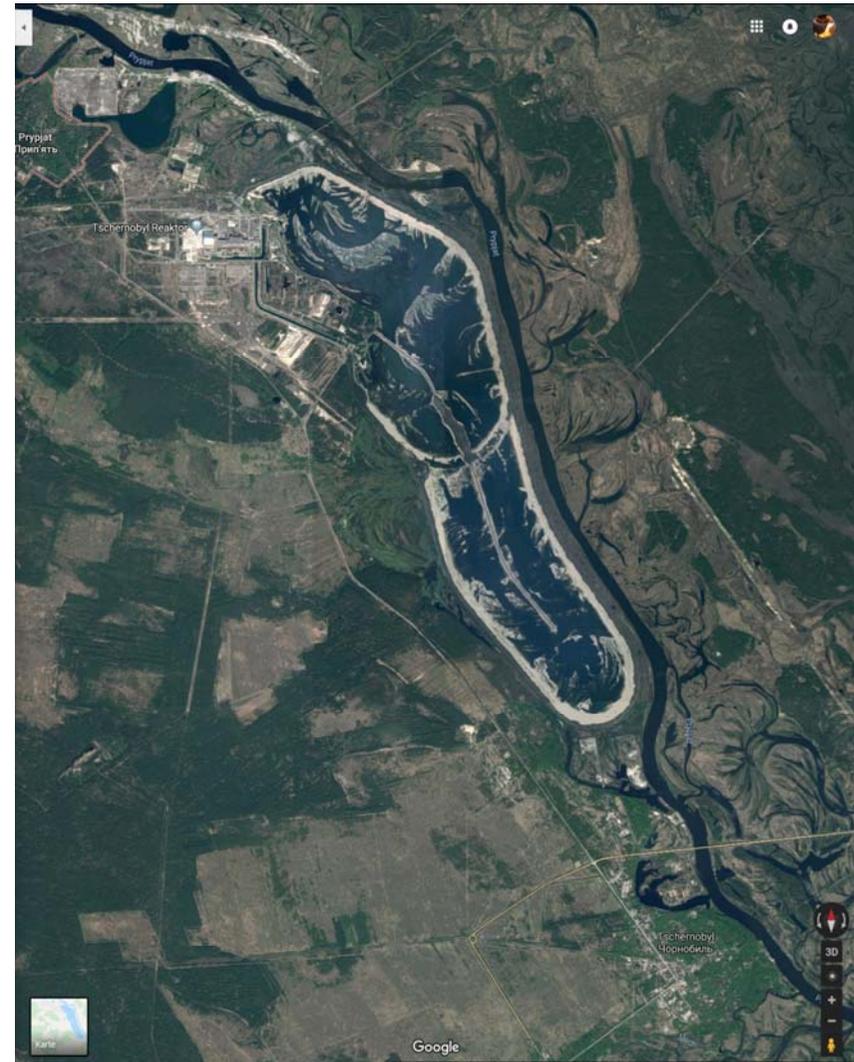
## Auswirkungen

- ▶ Das Sinken des Wasserstandes hat sich beträchtlich auf die Form des Teichs ausgewirkt



## Implications

- ▶ The decline of the water level has significantly impacted the shape of the cooling pond



## Flug von Kiew nach Vilnius

- ▶ Am 28.5.2017
- ▶ Die markante weiße Umrandung des Kühlteichs ist selbst aus Reiseflughöhe gut zu erkennen



## Flying from Kyiv to Vilnius

- ▶ On May 28, 2017
- ▶ The distinct white shoreline is clearly visible even from cruising altitude

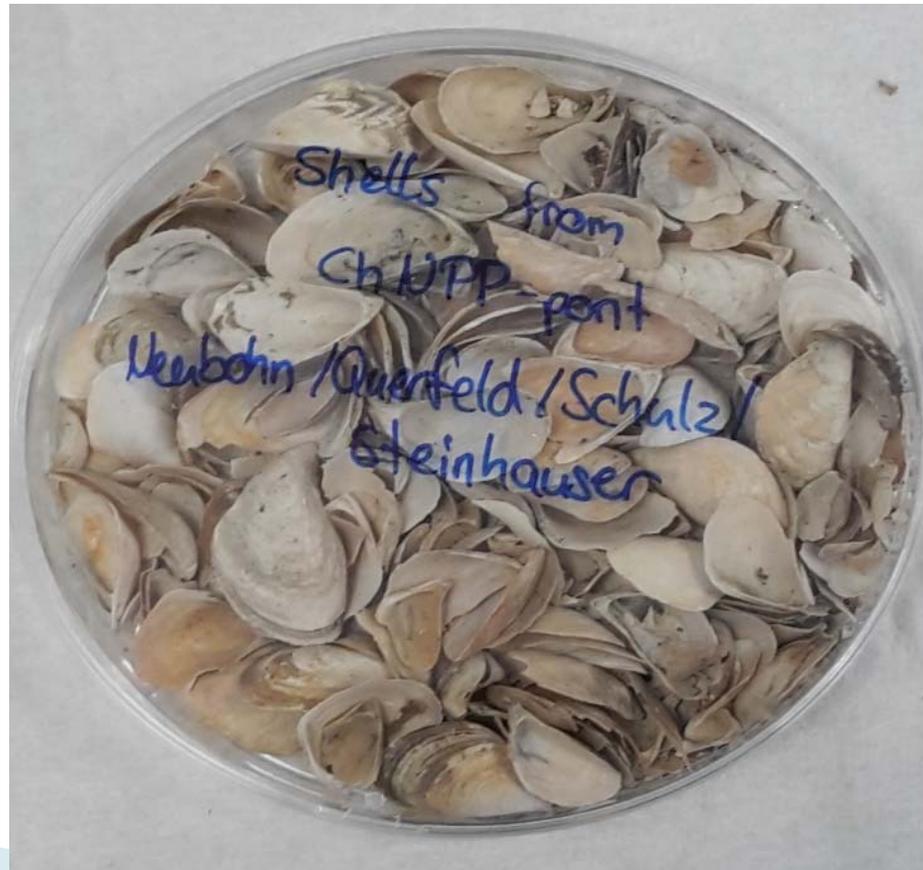


## Muschelschalen

- ▶  $^{90}\text{Sr}$ : ~500 Bq/kg
- ▶  $^{137}\text{Cs}$ : ~700 Bq/kg

## Sweetwater clam shells

- ▶  $^{90}\text{Sr}$ : ~500 Bq/kg
- ▶  $^{137}\text{Cs}$ : ~700 Bq/kg



## Korrosion der hot particles

- ▶ Jene hot particles, die im Schlamm des Uferhangs des Kühlteichs konserviert waren, kommen nun erstmals seit dem Unfall mit Sauerstoff in Berührung
- ▶ Sie werden in den folgenden Jahren korrodieren und ihre Radioaktivität ins Wasser abgeben
- ▶ Welche Auswirkungen hat das auf die Umwelt?

## Corrosion of hot particles

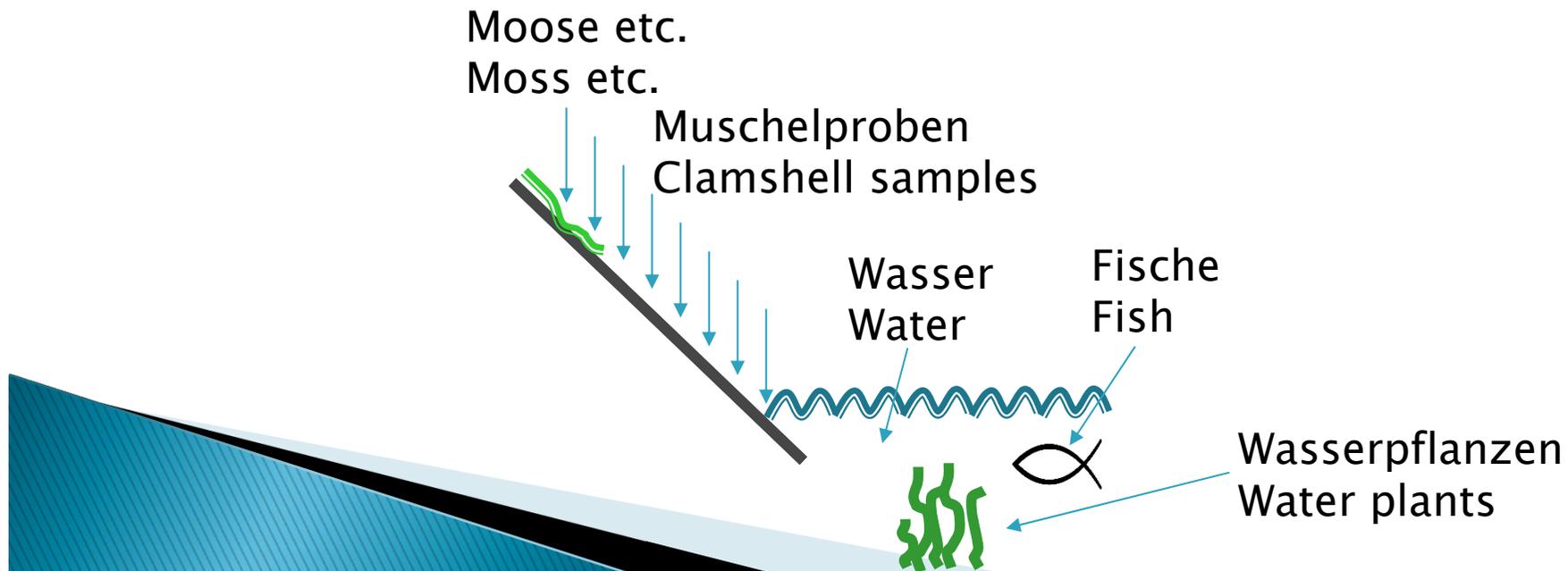
- ▶ Those hot particles that have been preserved in the anoxic sludge will now be exposed to oxygen, for the first time since the accident.
- ▶ They are likely to corrode and to release their radioactive inventory into the surrounding water
- ▶ What is the impact on the environment?

## Das von der Stiftung Prof. Lenz geförderte Projekt

- ▶ Wir werden die Auswirkungen im Verlauf von ca. 2 Jahren beobachten
- ▶ Dazu werden wir Proben nehmen und hinsichtlich Radioaktivität untersuchen
- ▶ Ziel: Quantifizierung des Einflusses der Korrosion

## The project funded by the Prof. Lenz Foundation

- ▶ We will investigate the implications over the course of ca. 2 years
- ▶ We will take samples and investigate them for their radioactivity levels
- ▶ Aim: Quantification of the impact of the corrosion



## Wann geht's los?

- ▶ Erste Exkursion am 7. Oktober 2018
- ▶ Mit dabei:
- ▶ Dr. Sergiy Dubchak
- ▶ Dr. Igor „Mr. Sperrzone“ Chizhevskyy
- ▶ Bryologe Dr. Wolfram Adlassnig
- ▶ Tobias Blenke (MSc Student)
- ▶ Georg Steinhauser

## When do we get started?

- ▶ First excursion on October 7, 2018
- ▶ Participants:
- ▶ Dr. Sergiy Dubchak
- ▶ Dr. Igor „Mr. Exclusion Zone“ Chizhevskyy
- ▶ Bryologist Dr. Wolfram Adlassnig
- ▶ Tobias Blenke (MSc Student)
- ▶ Georg Steinhauser



## Herzlichen Dank

- ▶ Der Stiftung Prof. Joachim Lenz für die finanzielle Unterstützung und Wertschätzung dieser Arbeit
- ▶ Meinem Projektpartner Dr. Sergiy Dubchak
- ▶ Unserem Partner vor Ort Dr. Igor Chizhevskyy
- ▶ Dem EcoCentre the Sperrzone
- ▶ Meinem Team in Hannover

## A million thanks to

- ▶ the Prof. Joachim Lenz Foundation for financial support of this project and for believing in us
- ▶ My brother in arms Dr. Sergiy Dubchak
- ▶ Our partner in Chernobyl Dr. Igor Chizhevskyy
- ▶ The EcoCentre of the Exclusion Zone
- ▶ My team in Hannover

