

GAV-Forschungskolloquium 16./17.10.2023

AKTUELLER FORSCHUNGSSTAND *RUNOFF*:

„NEUBEWERTUNG VON METALLISCHEN DACH- UND
FASSADENMATERIALIEN UNTER DAUERHAFTIGKEITS- UND
UMWELTASPEKTEN„

Nasrin Haacke, Gino Ebell

Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM), Berlin

www.bam.de

Eckdaten zum Forschungsvorhaben RUNOFF

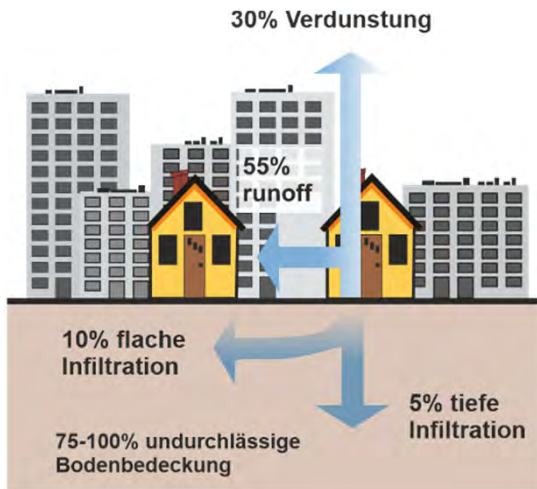


- Titel: Neubewertung der Dauerhaftigkeit von Dach- und Fassadenmaterialien und des Eintrags von Schwermetallionen in die Umwelt hervorgerufen durch Runoff
- Förderinitiative: The logo for 'ZUKUNFT BAU FORSCHUNGSFÖRDERUNG' is positioned next to the 'Förderinitiative' bullet point. It features the words 'ZUKUNFT BAU' in a large, bold, yellow sans-serif font, with 'FORSCHUNGSFÖRDERUNG' in a smaller, black sans-serif font below it.
- Fördermittelgeber: The logo of the Federal Government of Germany, featuring the black eagle, is placed to the left of the text 'Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen'.
Bundesministerium
für Wohnen, Stadtentwicklung
und Bauwesen
- Bewilligungszeitraum: 01.09.2021 – 31.10.2023,
verlängert bis 30.04.2024

Wussten Sie, dass...?

Runoff ≠ Runoff

(Urbane) Hydrologie

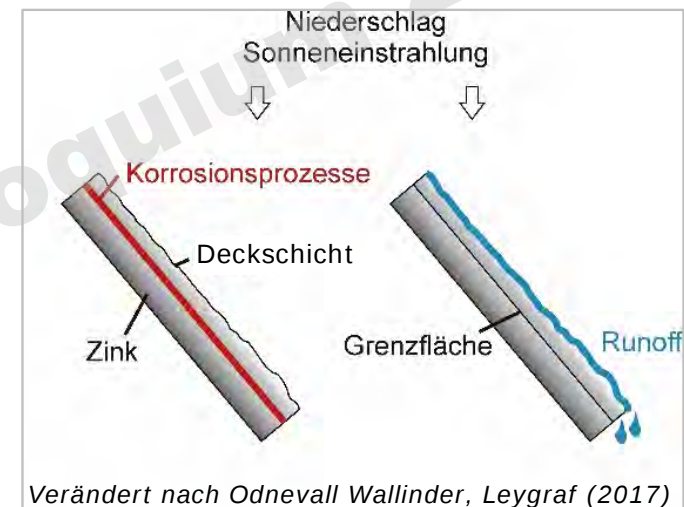


Urban runoff (24.01.22):
https://en.wikipedia.org/wiki/Urban_runoff

(Urbaner) Runoff = Oberflächenabfluss v. Regenwasser

→ durch effektiven Niederschlag verursachter, und durch undurchlässige Oberflächen begünstigter, oft kontaminierter, städtischer Abfluss

Korrosionswissenschaft



Verändert nach Odnevall Wallinder, Leygraf (2017)

Runoff = Metallionenabschwemmprozess

→ durch korrosive atmosphärische Einflüsse verursachte Herauslösung von Deckschichtkomponenten

Motivation

- Baumaterialien haben einen erheblichen Einfluss auf das Erreichen der Nachhaltigkeitsziele (SDGs):



Nachhaltiges Bauen = Lange Lebensdauer / hohe Dauerhaftigkeit

- Steigende Nachfrage nach umweltfreundlichen Bauprodukten



- Negativer Einfluss auf Wasser- und Bodenqualität, Ökosysteme
- Nachfrage nach Methoden/Werkzeuge zur ökologischen Bewertung von Bauprodukten

Hauptziele des Forschungsvorhabens

- I) Besseres Verständnis von Einflussfaktoren auf den Runoff-Prozess
- II) Beschreibung des Einflusses von Runoff auf die Dauerhaftigkeit des Korrosionsschutzes (**Dauerhaftigkeitsbetrachtungen**)
- III) Quantifizierung des Eintrags von Schwermetallionen in die Umwelt
- IV) **Ökologische Betrachtung** zum Umwelteintrag
- V) **Beschreibung eines Prüfverfahrens zur Bestimmung des Runoffs**

Projekt-Setup



- 1) Dauerhaftigkeitsbetrachtung
- 2) Ökologische Betrachtung

Feldversuche

- 1) Elektrochemische Untersuchung der Deckschichtstabilität (LPR)
- 2) Bestimmung der Korrosionsprodukte (XRD)
- 3) Runoff-Analysen

Laborversuche

- Konstruktion eines Niederschlagssimulators
- Untersuchung des Einflusses best. Faktoren (pH, Winkel, Intensität)
- Beschreibung (elektro-) chemischer Mechanismen

Arbeitspakete

AP 1: Probenauswahl und Probenpräparation

AP 2: Konzeption, Fertigung und Aufstellung eines Messstandes für Runoff

AP 3: Analyse von Wetterdaten, des Niederschlags und des Runoff-Wassers

AP 4: Bewitterungsversuche im Feld zur Studie des Abschwemmverhaltens in Abhängigkeit der Bewitterungszeit

AP 5: Modellversuche mittels Modellniederschlag im Labormaßstab

AP 6: Berechnungen zum Eintrag von Ionen in die Umwelt und zum Beitrag des Runoffs zum Schichtdickenverlust von Materialien im Bauwesen

AP 7: Synthese der Ergebnisse aus Labor- und Felduntersuchungen zur Einschätzung des Einflusses von Runoff im Bauwesen

AP 8: Erstellung des Abschlussberichtes und Publikation der Ergebnisse an geeigneter Stelle

AP1: Probenauswahl und -präparation

Probenmaterial:

- Titanzink (*Gemmel Metalle*)
- Kupfer (*Gemmel Metalle*)
- Feuerverzinkt (*Institut Feuerverzinken GmbH*)
- Feuerverzinkte Tür (10 a alt *Institut Feuerverzinken GmbH*)



Zusätzliches Material:

- Voroxidiertes Kupfer (*KME Germany GmbH*)
- Vorpatiniertes Kupfer (*KME Germany GmbH*)
- Cu-Sn-legiertes Kupfer (*KME Germany GmbH*)
- Walzblankes Blei (*ZVDH*)
- Vorpatiniertes Blei (*ZVDH*)



AP2: Konzeption bis Aufstellung der Messstände

3 Versuchsstandorte:

städtisch (befahrene Straße),
städtisch (Dach),
ländlich

Jeweils ausgestattet mit:

3x A4-Kupfer
3x A4-Titanzink
3x A4-Feuerverzinkt
3x A4-Plexiglas (Referenz)

21x A5-Kupfer
21x A5-Titanzink



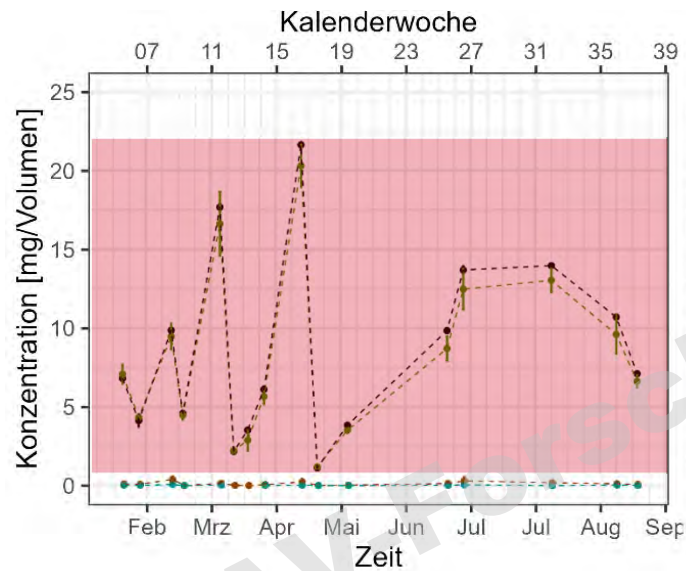
AP3: Analyse von Wetterdaten, des Niederschlags- und Runoff-Wassers

- 1) Auswertung von Wetterdaten (Niederschlag, relative Luftfeuchtigkeit, Temperatur) zweier Wetterstation des DWD (10-min Auflösung)
 - Identifikation von Nass- und Trockenperioden sowie Anzahl Niederschlagsereignisse zzgl. Charakterisierung
- 2) Auffangen & Analyse des Niederschlagswassers an den Standorten Berlin und TTS-Horstwalde
 - Relevant für die Herstellung des künstlichen Niederschlagswasser

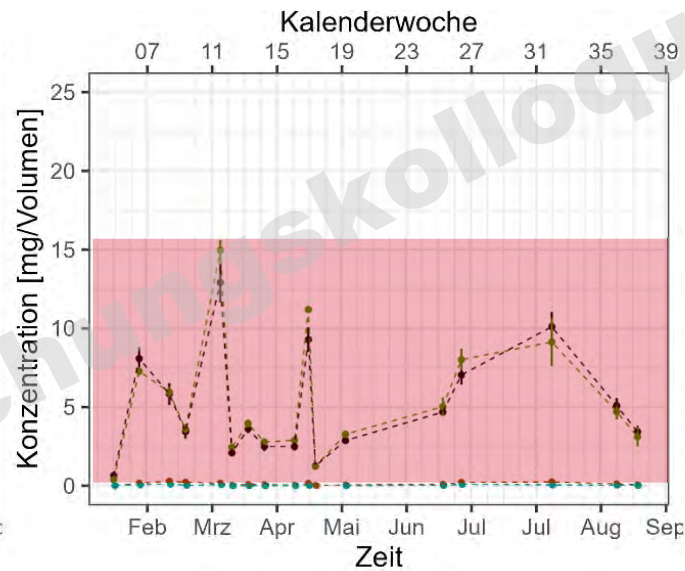


AP3: Analyse des Runoff-Wassers

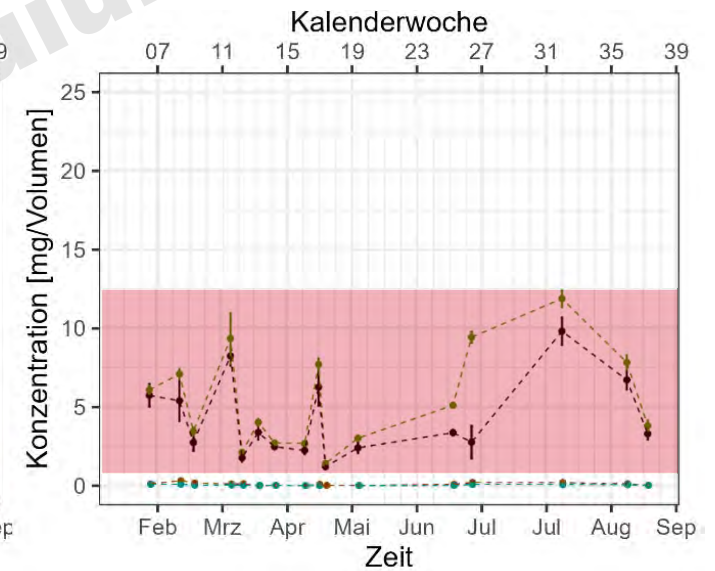
TTS



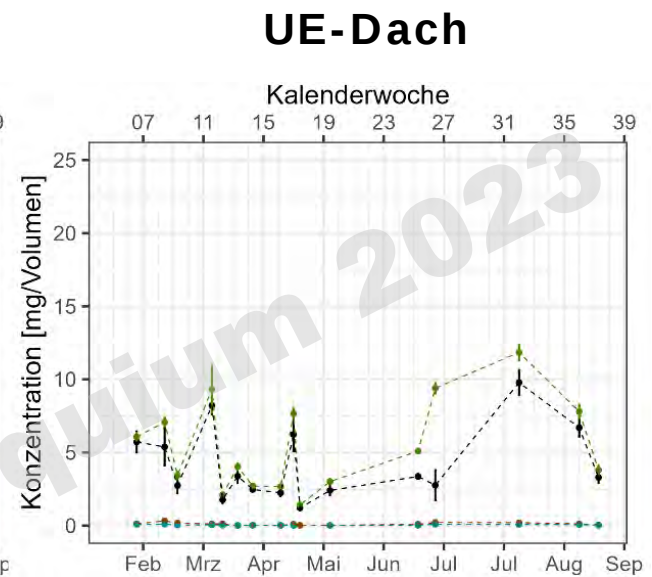
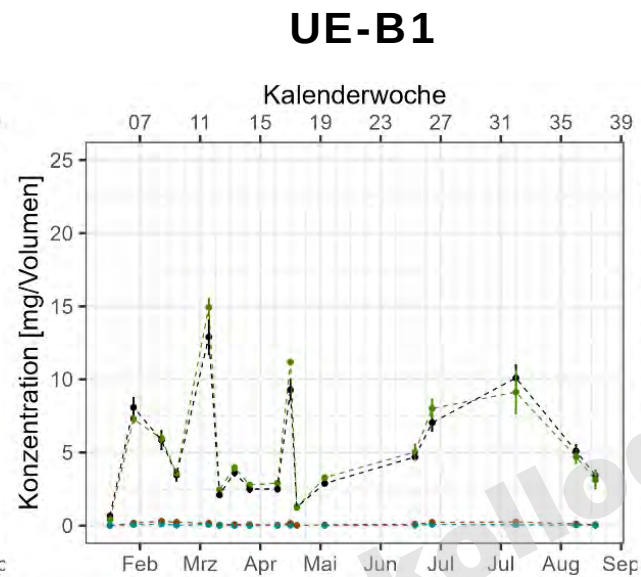
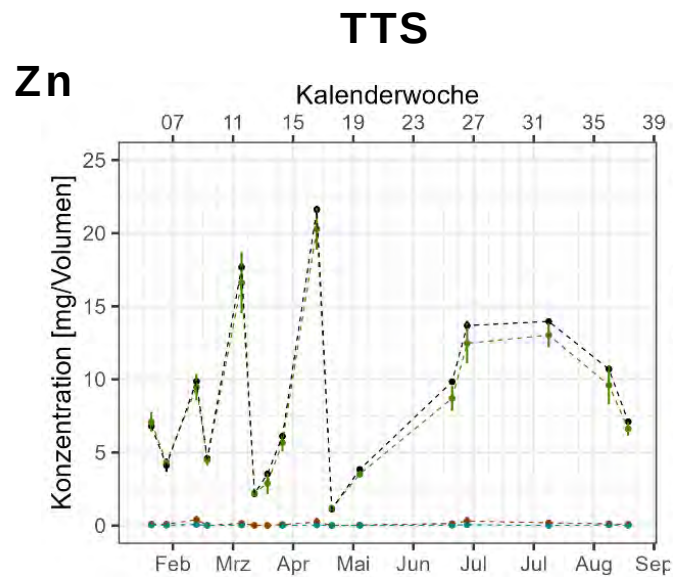
UE-B1



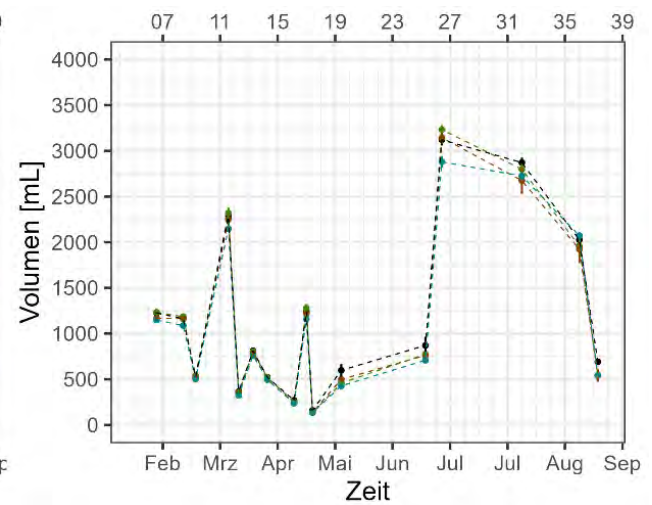
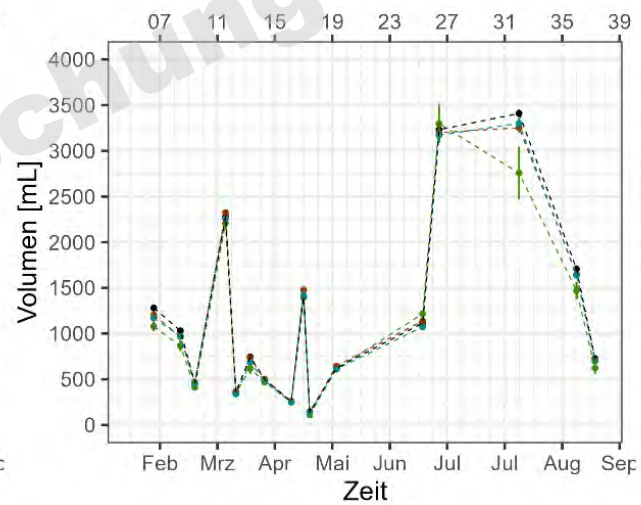
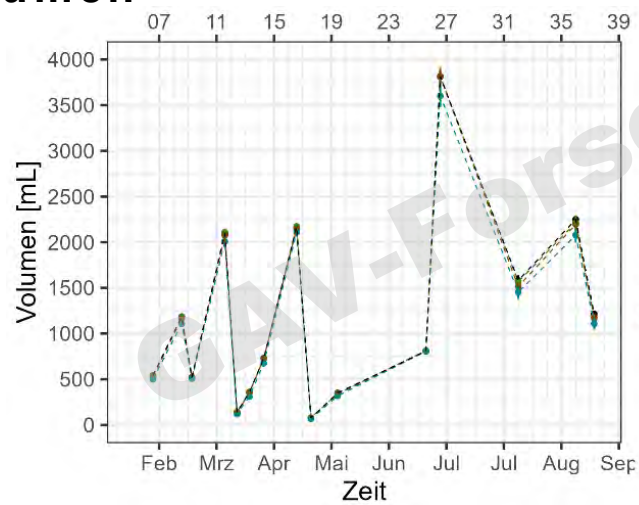
UE-Dach



Material — Cu — galZn — Ref — Zn



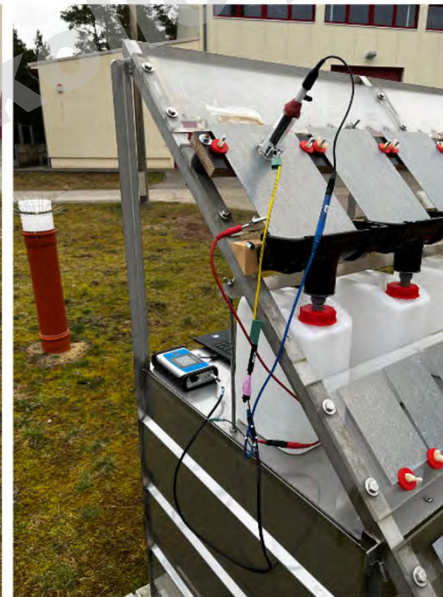
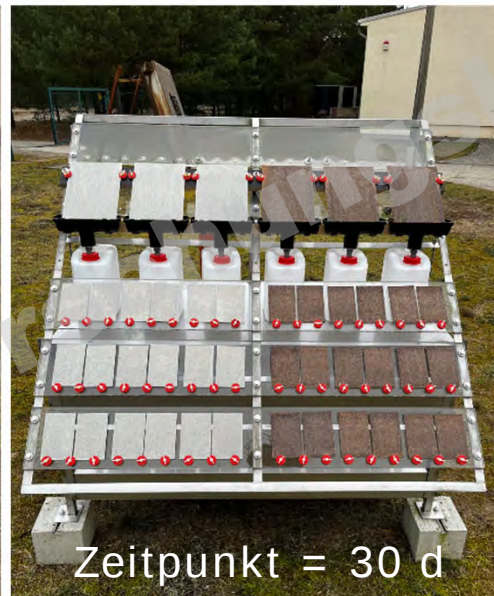
Volumen



Material Cu galZn Ref Zn

AP4: Bewitterungsversuche im Feld

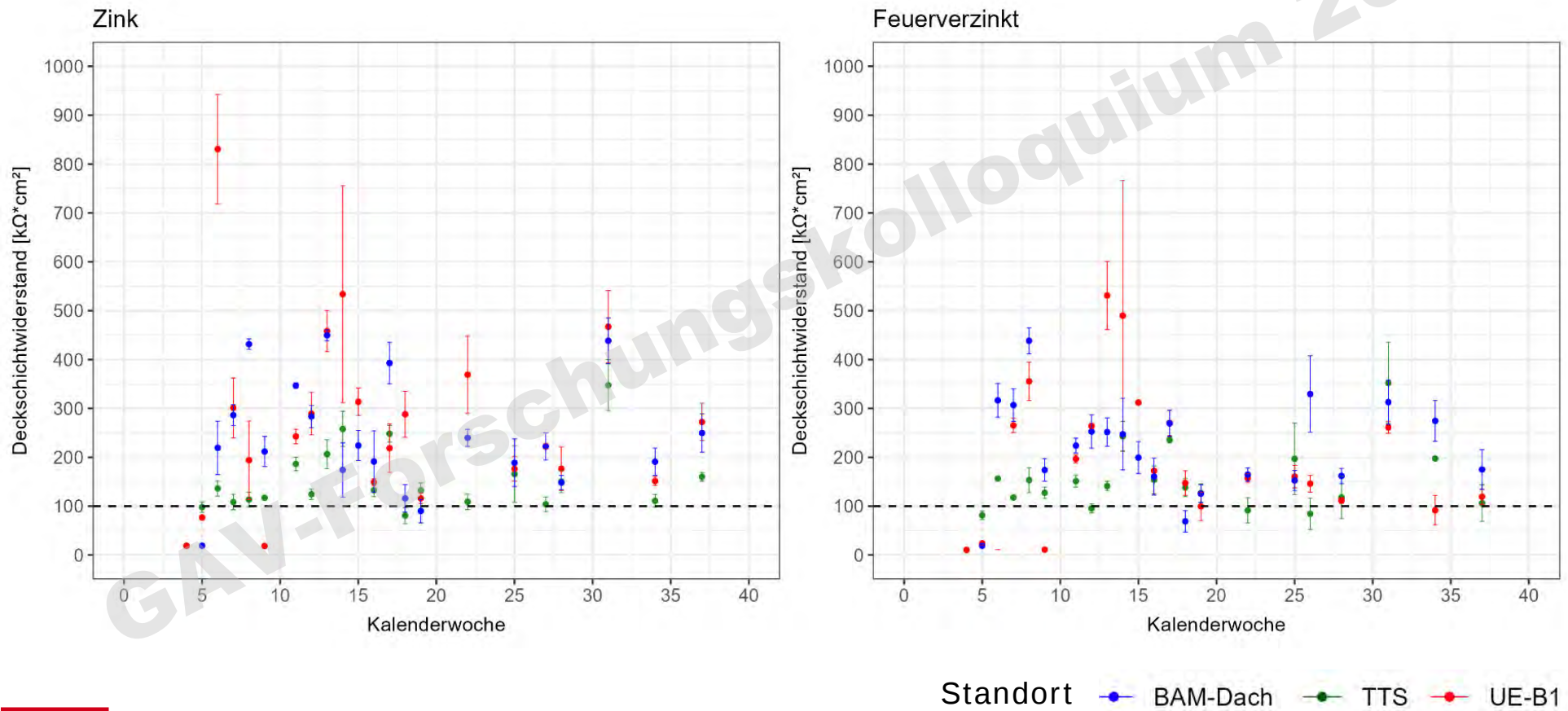
1. Analyse Runoff-Wässer
2. Elektrochemische Untersuchungen der Deckschichtstabilität (LPR)
3. Bestimmung Korrosionsprodukte (XRD)



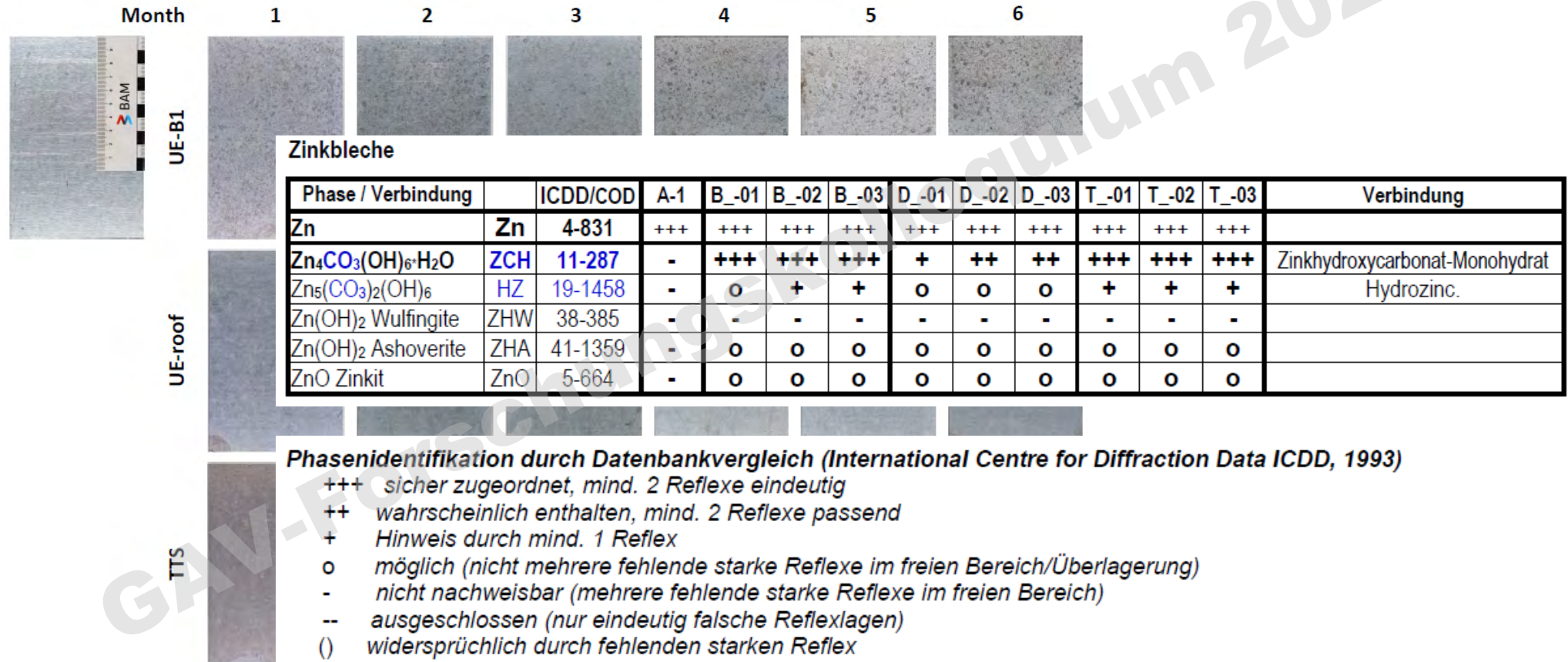
Auslagerungsbeginn:
Ende Januar 2023

Auslagerungsende:
Ende Januar 2024

AP4: Elektrochem. Untersuchungen der Deckschichtstabilität (LPR)



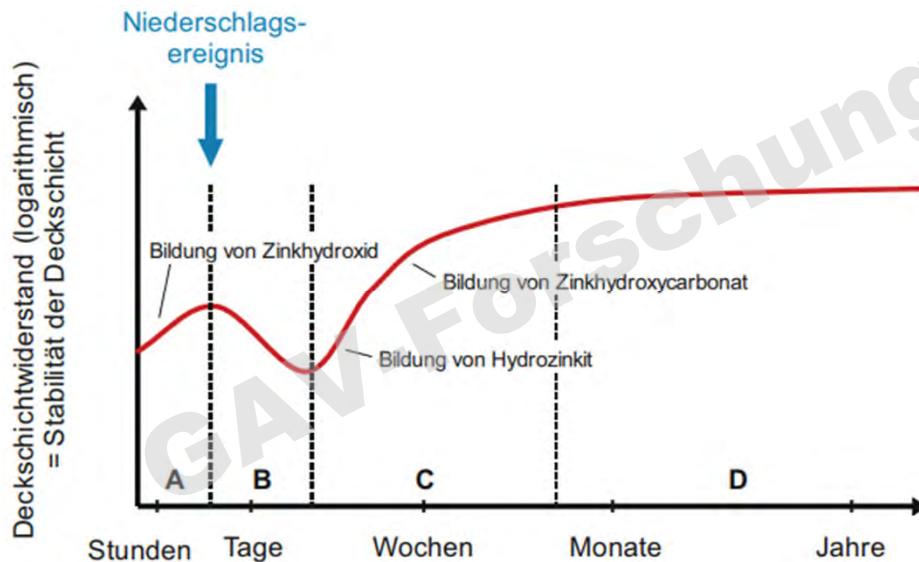
AP4: Bestimmung der Korrosionsprodukte (XRD)



AP4: Bestimmung der Korrosionsprodukte (XRD)

Zinkbleche

Phase / Verbindung		ICDD/COD	A-1	B_-01	B_-02	B_-03	D_-01	D_-02	D_-03	T_-01	T_-02	T_-03	Verbindung
Zn	Zn	4-831	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	
$\text{Zn}_4\text{CO}_3(\text{OH})_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$	ZCH	11-287	-	+++	+++	+++	+	++	++	+++	+++	+++	Zinkhydroxycarbonat-Monohydrat
$\text{Zn}_5(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_6$	HZ	19-1458	-	o	+	+	o	o	o	+	+	+	Hydrozinc.
$\text{Zn}(\text{OH})_2$ Wulfingite	ZHW	38-385	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
$\text{Zn}(\text{OH})_2$ Ashoverite	ZHA	41-1359	-	o	o	o	o	o	o	o	o	o	
ZnO Zinkit	ZnO	5-664	-	o	o	o	o	o	o	o	o	o	



- A Bildung einer nicht schützenden Zinkhydroxidschicht
- B Umwandlung Deckschicht, Bildung sehr reaktiver Deckschichten
- C Bildung schützender, carbonatdominierter Deckschichten
- D Stabilisierung und Wachstum carbonatdominierter Deckschichten

(Babutzka, 2020)

AP4: Bestimmung der Massenverluste

Massenverluste (Mittelwerte) von Zink nach ein- und zweimonatiger Bewitterung an den Standorten 1 (BAM-Dach), 2 (UE-B1) und 3 (TTS) unter freier Bewitterung.

Bezeichnung	Bewitterungszeit (Monat)	Massenverlust [g / m ²]	Massenverlust (ges) [g / m ²]
BAM_01-03	1	2,380	-
BAM_04-06	2	0,240	2,620
Dach_01-03	1	1,013	-
Dach_04-06	2	0,107	1,120
TTS_01-03	1	5,587	-
TTS_04-06	2	0,366	5,953

AP5: Laborversuche mittels Modellniederschlag

- Beliebtes Tool für die Untersuchung von Oberflächenabfluss, Infiltration, Bodenerosion
- 2 versch. Typen: Kapillarberegner und Düsenberegner
- Vorteil des Kapillarberegners: realistische Generierung der Tropfengrößen



AP5: Laborversuche mittels Modellniederschlag

BAM-designter Kapillarberegner:

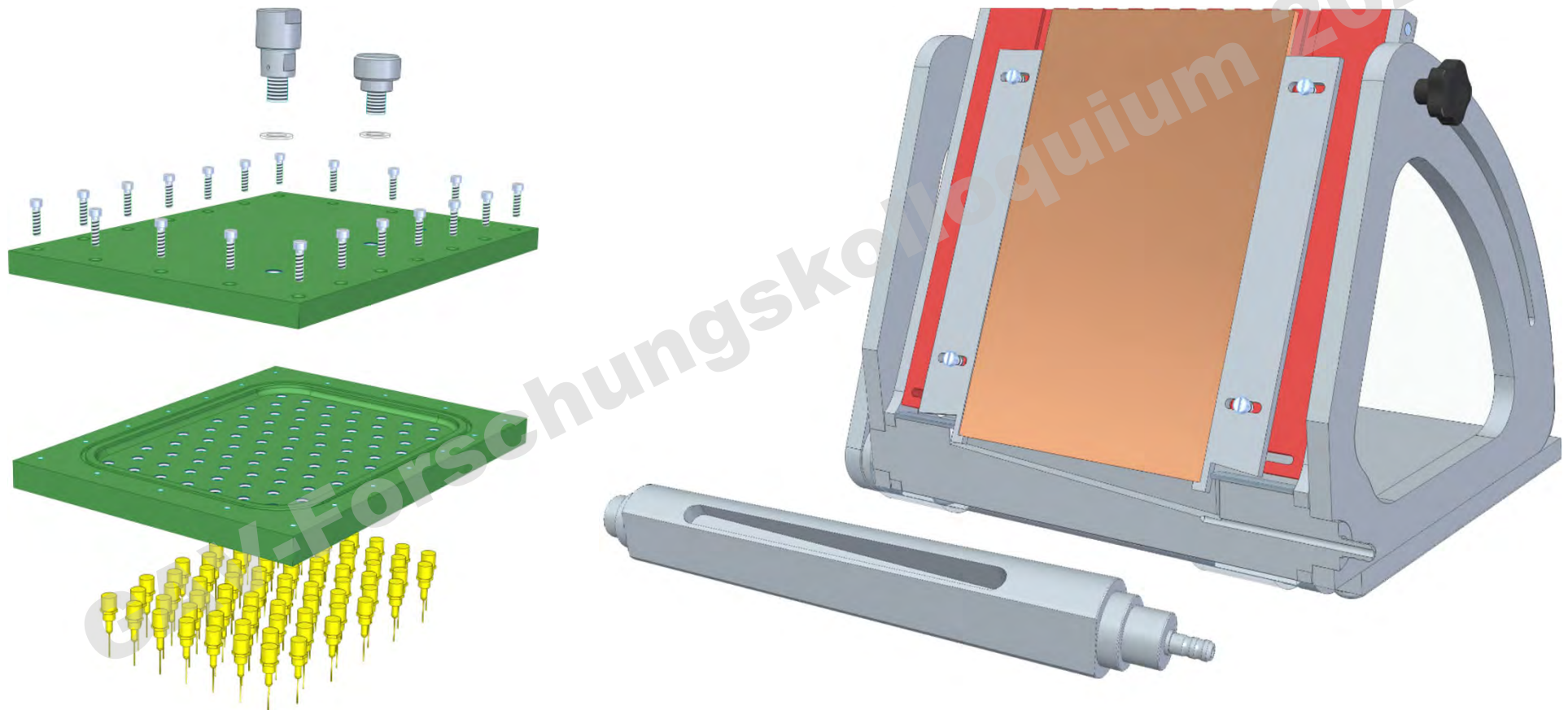
- (1) Kapillar-Einheit
- (2) winkelverstellbarer Probenhalter
- (3) Runoffauffangsystem
- (4) Beregnergehäuse
- (5) Niederschlagsauffangbehälter mit Ablasshahn
- (6) Eurobehälter
- (7) Zentriertisch
- (8) Pumpe
- (9) künstliches Niederschlagswasser
- (10) Runoff-Wasserbehälter

Zu testende Parameter:

pH, Intensität, Winkel



AP5: BAM-Kapillarberegner



AP5: Versuchsaufbau

Material	pH	Neigung	Intensität
Zink*	4.5	20°	5 mm
FV	5.5	45°	10 mm
Kupfer*	6.5	60°	20 mm



* Auch bewitterte Variationen

Zusammensetzung des künstlichen Niederschlags

SO_4^{2-} (mg L ⁻¹)	Cl^- (mg L ⁻¹)	NO_3^- (mg L ⁻¹)	NH_4^+ (mg L ⁻¹)	Na^+ (mg L ⁻¹)	K^+ (mg L ⁻¹)	Mg^{2+} (mg L ⁻¹)	Ca^{2+} (mg L ⁻¹)	pH
1.20	1.53	1.00	0.60	0.20	0.63	0.30	0.20	4.5 – 6.5

AP5: Versuchsplan via *Design Expert*

“*Design Expert* bietet computergenerierte D-optimale Designs.“

→ Unterstützung bei der Erstellung eines Versuchsplans sowie bei der Interpretation von multi-faktoriellen Experimenten

- 1) Analyse von Einflussfaktoren und Faktor-Kombinationen
- 2) Zeitreihenanalyse aller Faktor-Kombinationen

Std	Run	Factor 1 A:pH	Factor 2 B:slope °	Factor 3 C:Intensity mm	Response 1 Conc5 mg/L	Response 2 Conc10 mg/L	Response 3 Conc30 mg/L	Response 4 Conc60 mg/L
21	1	6,5	20	20				
9	2	6,5	60	5				
19	3	4,5	20	20				
17	4	5,5	60	10				
1	5	4,5	20	5				
2	6	5,5	20	5				
7	7	4,5	60	5				
14	8	5,5	45	10				
22	9	4,5	45	20				
18	10	6,5	60	10				
24	11	6,5	45	20				
5	12	5,5	45	5				
8	13	5,5	60	5				
15	14	6,5	45	10				
6	15	6,5	45	5				
12	16	6,5	20	10				
11	17	5,5	20	10				
3	18	6,5	20	5				
4	19	4,5	45	5				
13	20	4,5	45	10				
16	21	4,5	60	10				
25	22	4,5	60	20				
20	23	5,5	20	20				
23	24	5,5	45	20				
27	25	6,5	60	20				
26	26	5,5	60	20				
10	27	4,5	20	10				

AP5: Vorbewitterung von Zinkblechen

Bewitterungszeit:

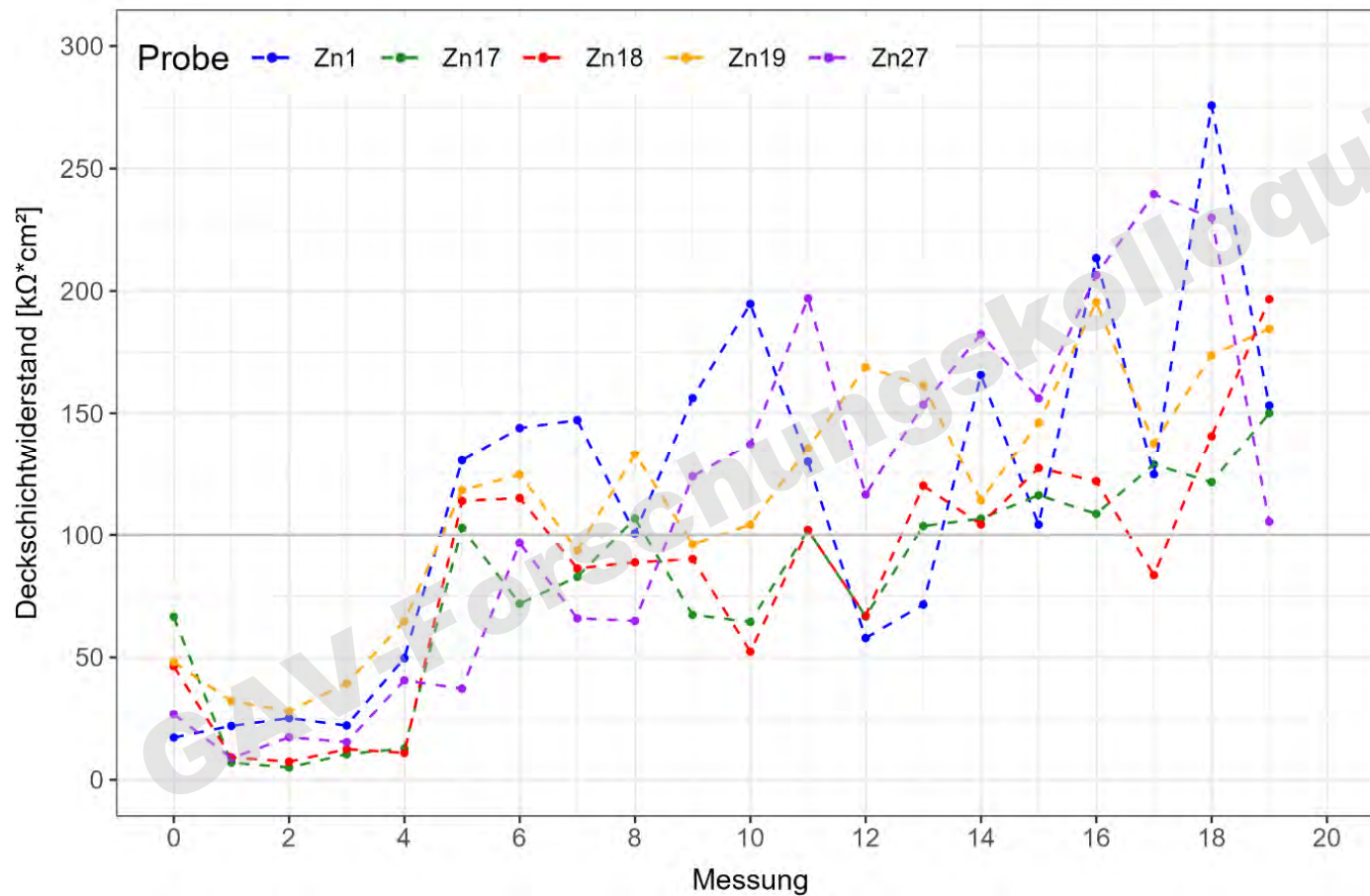
2 Monate

Bewitterungsrhythmus:

- Klimakammer: 3d5h
(30°C, 25/90% rF)
- Messung/Benetzung: 1d
- Klimakammer: 2d3h
(30°C, 25/90% rF)
- Messung/Benetzung: 1d



AP5: Künstliche Bewitterung von Zinkblechen



Ausblick

AP 1: Probenauswahl und Probenpräparation

AP 2: Konzeption, Fertigung und Aufstellung eines Messstandes für Runoff

AP 3: Analyse von Wetterdaten, des Niederschlags und des Runoff-Wassers

AP 4: Bewitterungsversuche im Feld zur Studie des Abschwemmverhaltens in Abhängigkeit der Bewitterungszeit

AP 5: Modellversuche mittels Modellniederschlag im Labormaßstab

AP 6: Berechnungen zum Eintrag von Ionen in die Umwelt und zum Beitrag des Runoffs zum Schichtdickenverlust von Materialien im Bauwesen

AP 7: Synthese der Ergebnisse aus Labor- und Felduntersuchungen zur Einschätzung des Einflusses von Runoff im Bauwesen

AP 8: Erstellung des Abschlussberichtes und Publikation der Ergebnisse an geeigneter Stelle

Kontaktinformationen



Dr.-Ing. Nasrin Haacke

T: + 49 30 8104-4164

nasrin.haacke@bam.de

Gino Ebell, M.Eng.

T: +49 30 8104-4353

gino.ebell@bam.de

Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM)
Fachbereich 7.6 Korrosion und Korrosionsschutz
Unter den Eichen 87
12205 Berlin

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT

GAV-Forschungskolloquium 16./17.10.2023

www.bam.de