

WavE – Verbundprojekt DiWaL

Entwicklung eines ressourceneffizienten Wassermanagement- und Anlagenkonzepts für Vorbehandlungs- und Tauchlackieranlagen unter Nutzung der Elektroimpulstechnologie zur Dekontamination von Industriellen Wässern und Lacken

Februar 2017 - April 2018

WavE - Verbundprojekt DiWaL



WavE – Verbundprojekt DiWaL

Entwicklung eines ressourceneffizienten Wassermanagement- und Anlagenkonzepts für Vorbehandlungs- und Tauchlackieranlagen unter Nutzung der Elektroimpulstechnologie zur Dekontamination von Industriellen Wässern und Lacken

Februar 2017 - April 2018

WavE - Verbundprojekt DiWaL



EISENMANN

Anlagenbau

FreiLacke

Farbhersteller: Anodische Tauchlacke

**BMW
GROUP**

Automobil-
Serienlackierung



INEC



INSTITUTE FOR
INDUSTRIAL ECOLOGY

Innovations- und
Nachhaltigkeitsanalysen



Kathodische Tauchlacke

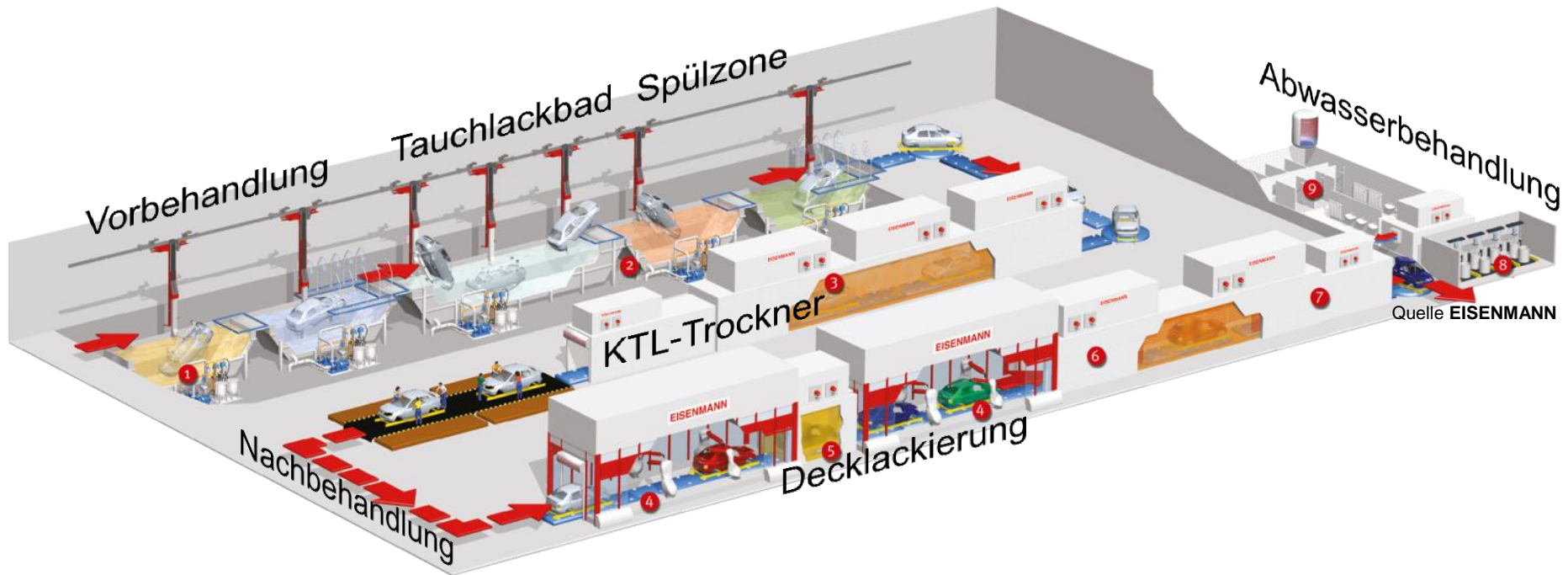
IFG
Mikro-/Molekularbiologie

GEFÖRDERT VOM



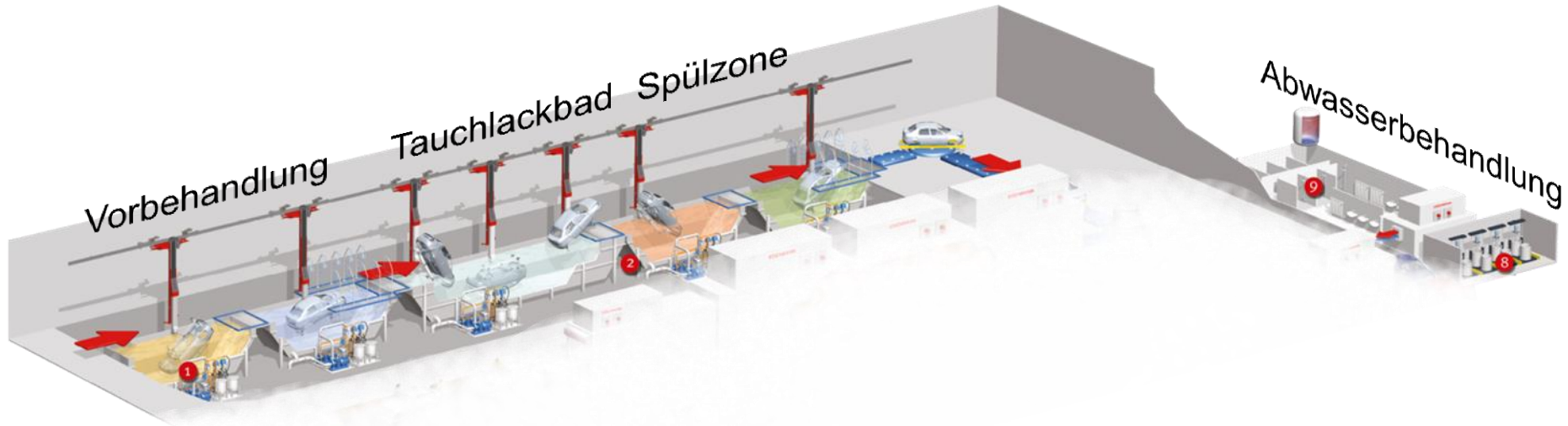
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Aufgabenstellung in der Elektrotauchlackierung

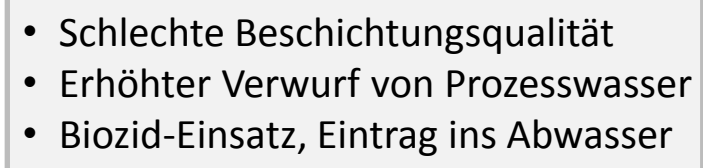
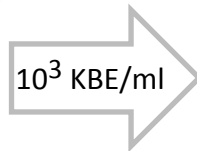
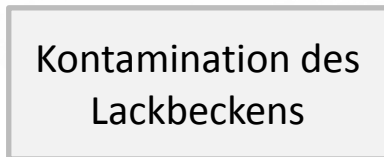


- Elektrotauchlackierung ist der wasserintensivste Prozessschritt in der Automobilfertigung
- Wasservolumina europaweit:
mehrere 1000 KTL-Anlagen x 1500-2000 m³ Gesamtschleibenvolumen pro Anlage
- Marktanteil: 95% kathodische Tauchlackierung (KTL), 5% anodische Tauchlackierung (ATL)

Aufgabenstellung in der Elektrotauchlackierung

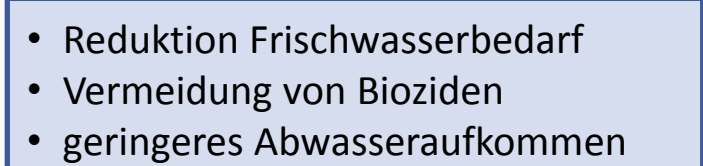
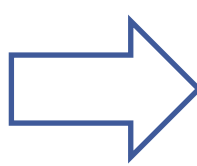
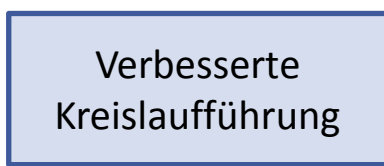
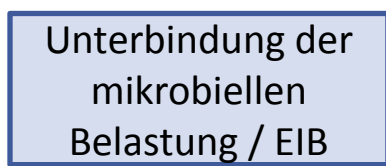


Situation:



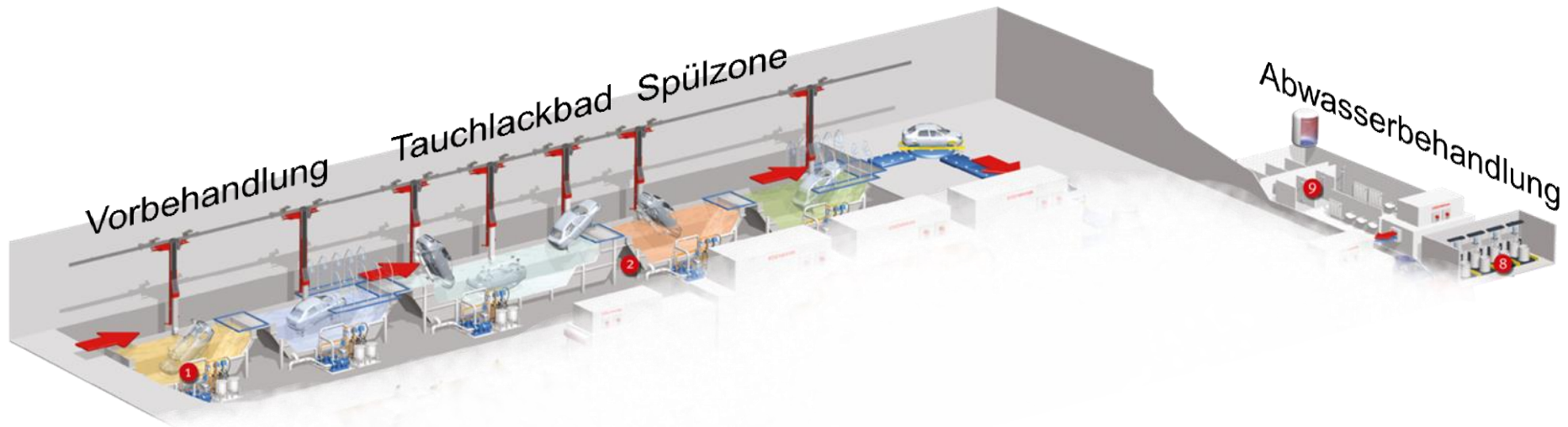
Verkeimungsbedingte Verwurfsmenge, ATL-Segment Deutschland: 8,5 Mio ltr/a

DiWaL:



EIB: Elektroimpulsbehandlung

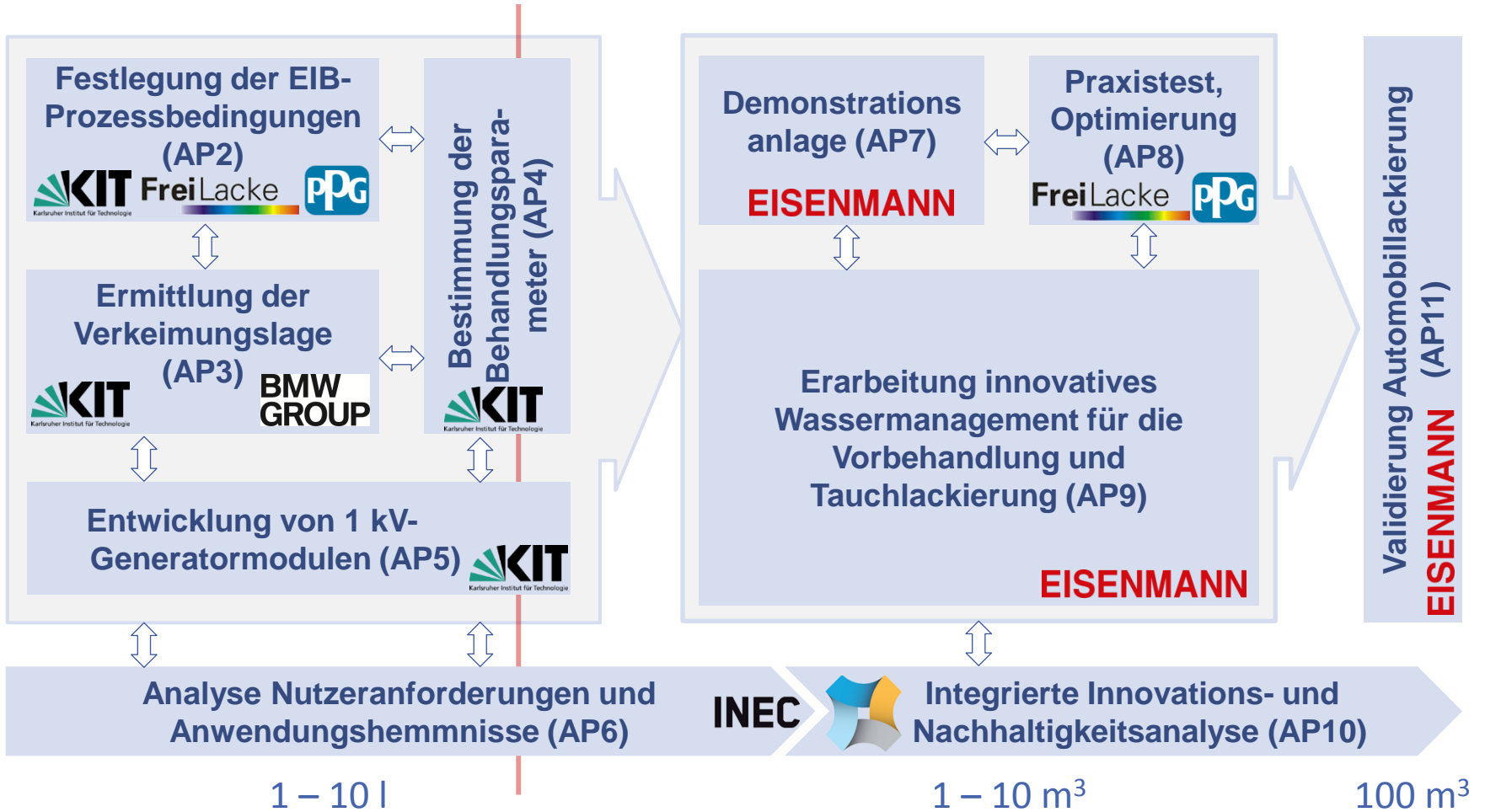
Aufgabenstellung in der Elektrotauchlackierung



Schwerpunkte in DiWaL:

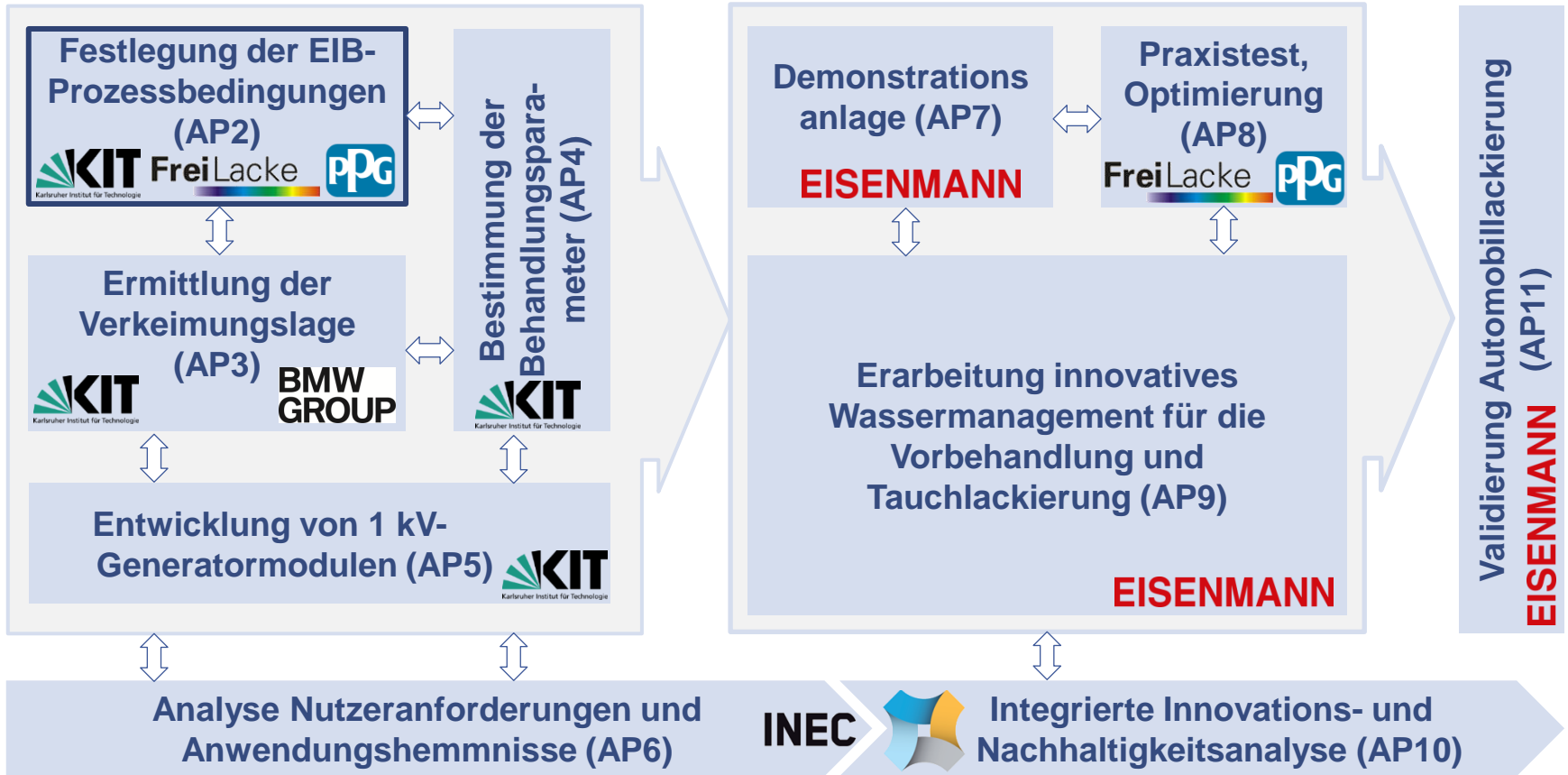
- Ermittlung der Verkeimungslage in industriellen Tauchlackieranlagen
- Prozessentwicklung zur Optimierung der Wasserkreislaufführung
Schwerpunkt: Einsatz der Elektroimpulsbehandlung (EIB) in der Tauchlackierung
- Entwicklung von Impulsgeneratortechnik auf aktueller Technologiestufe
- Identifikation effizienter Einbindungspunkte im Tauchlackierprozess und Verifikation
- Stakeholder-Analyse, Nachhaltigkeits- und Wirtschaftlichkeitsanalysen

DiWaL - Projektablauf



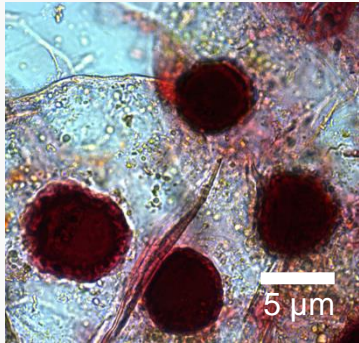
Beginn der Projektarbeiten: 1. Feb. 2017

DiWaL - Projektablauf

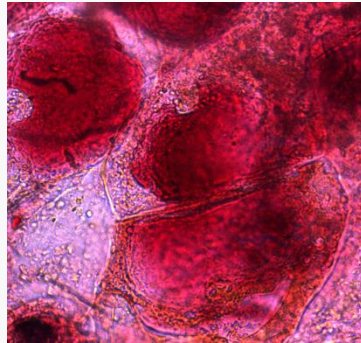


Angangssituation: EIB wurde bislang nicht auf Medien in der Elektrotauchlackierung angewandt

Beispiel: Beerenhaut der Weintraube:
Rote Pigmente befinden sich in Vakuolen

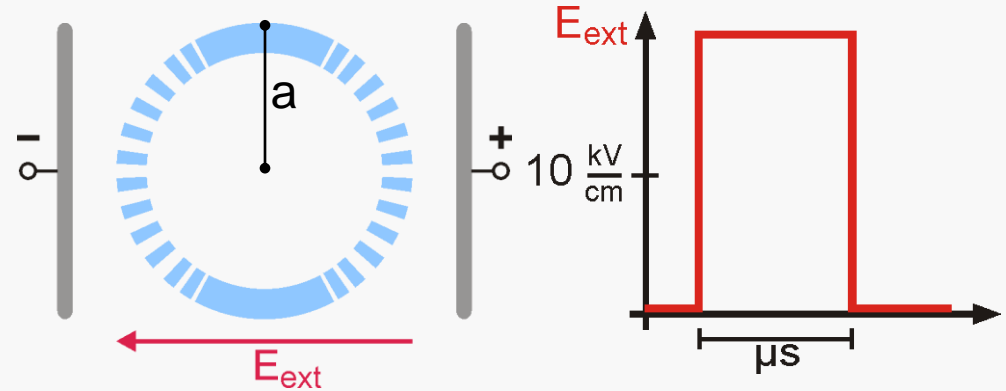


vor EIB



10 min nach EIB

Elektroimpulsbehandlung (EIB)



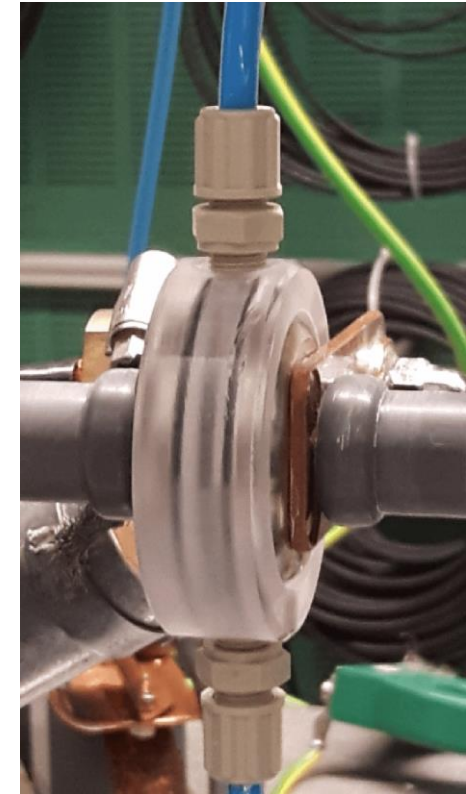
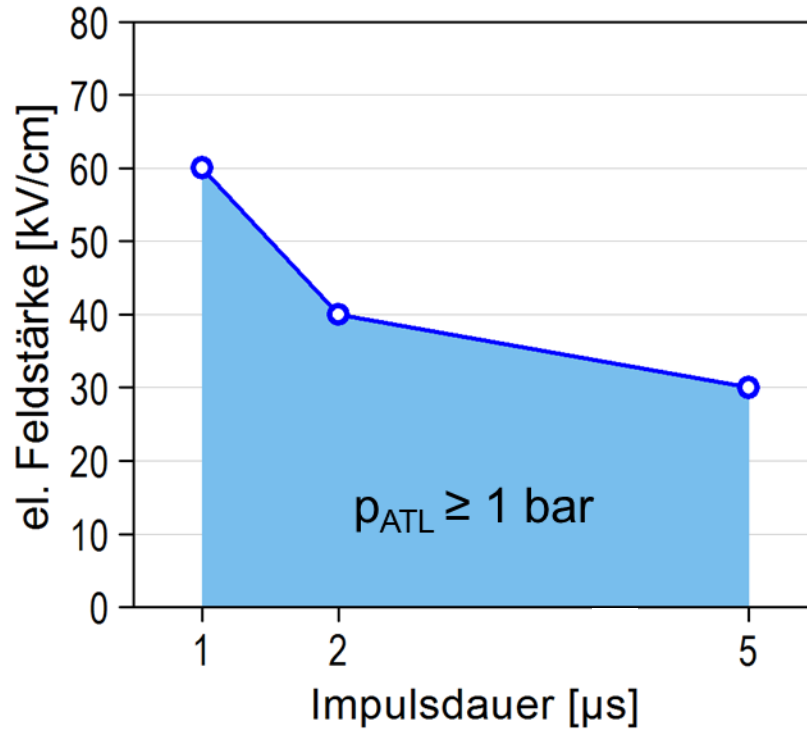
Eigenschaften der Keimabtötung durch EIB:

- In trüben Medien uneingeschränkt anwendbar
- Wirkung ist rein physikalisch
- Keine Resistenzbildung der Mikroorganismen gegen EIB
- Erforderliche elektrische Feldstärke: 40 kV/cm und höher
- Energiebedarf: 50-150 kJ/l, Keimreduktion: 2 – 5 Log-Stufen

W Frey, *J Membrane Biol* **246** 2013; C Gusbeth, *Chemosphere* **75** 2009; C Gusbeth, *Acta Phys Pol A* **115** 2009; A Rieder, *J Appl Microbiol* **105** 2008

Bestimmung der Prozessbedingungen

Ergebnisse: Maximalwerte von Impulsfeldstärke und -dauer bei ATL, zulässiger Arbeitsbereich:

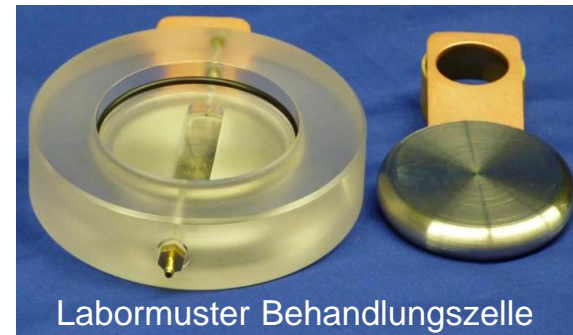
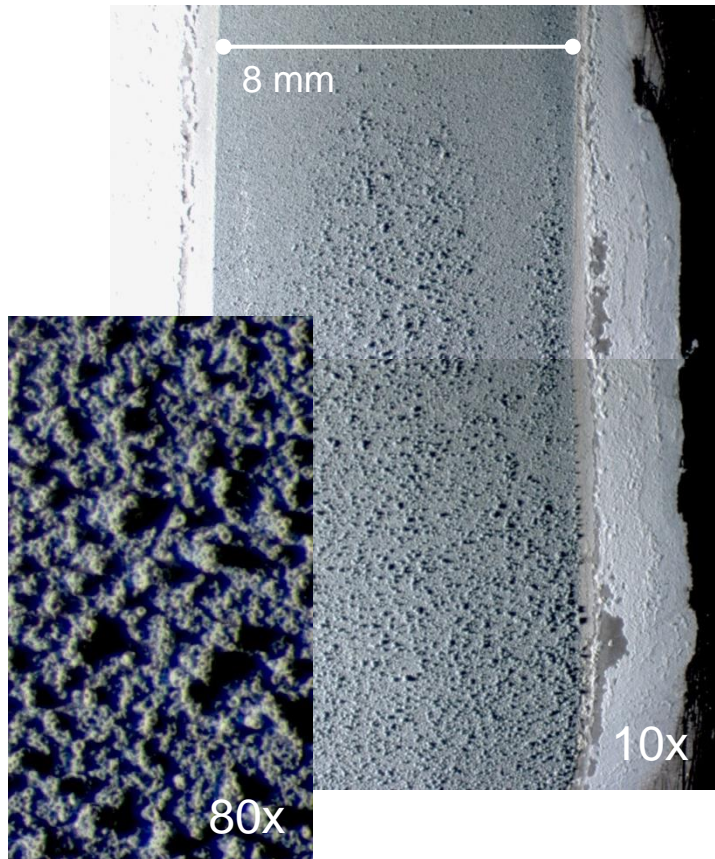


Unerwünschte Teilentladungen bei EIB außerhalb des Maximalwertbereichs

Bestimmung der Prozessbedingungen



Ergebnisse - Lackqualität nach Behandlung (150 kJ/ltr) im zulässigen Arbeitsbereich DiWaL



Dauerbehandlung von Lackproben mit 1 μ s Impulsen:

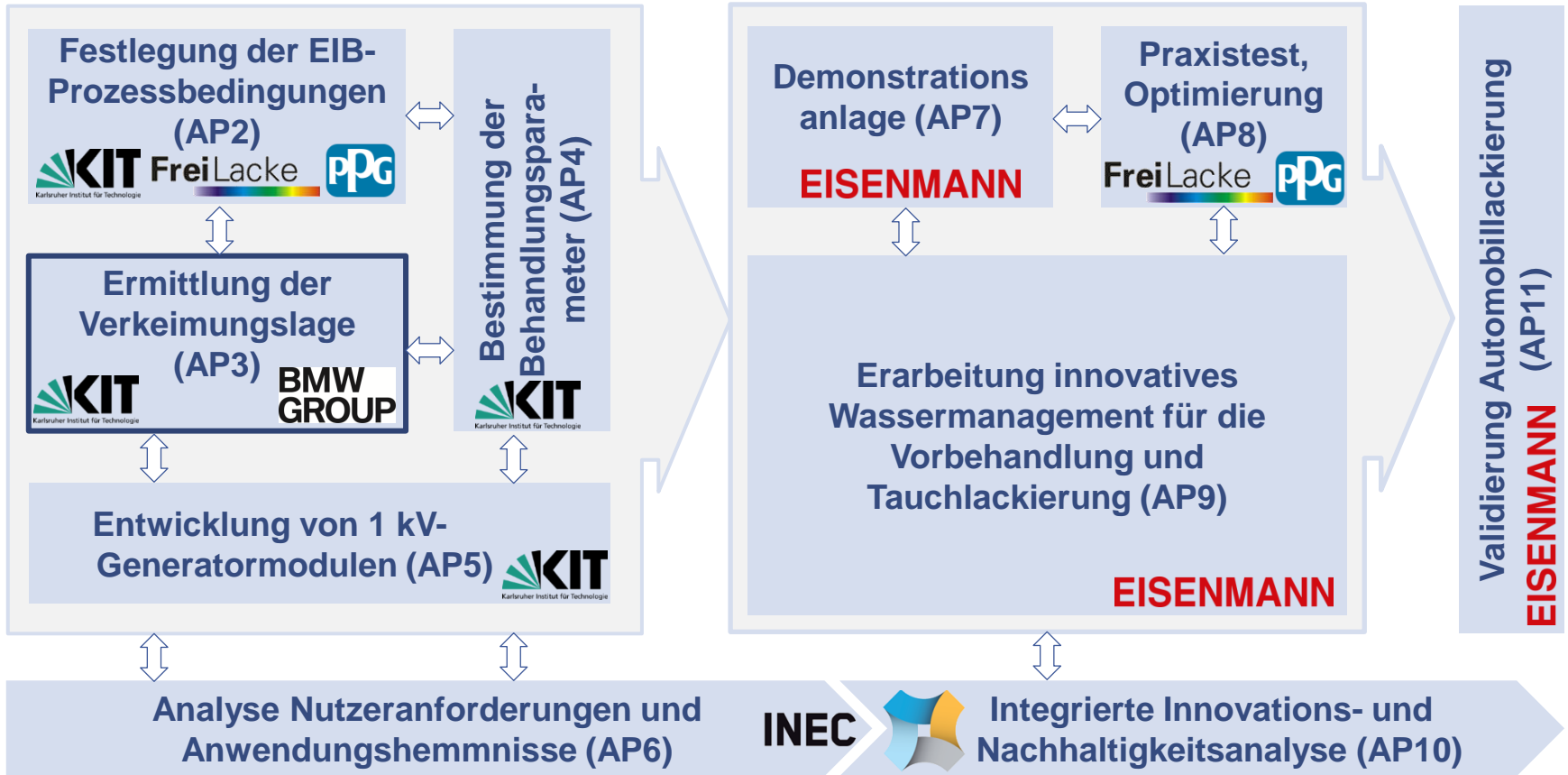
- keine Beeinträchtigung der Lackqualität, in Glanzwert, Festkörperanteil und Homogenität bei anschließender Beschichtung feststellbar

➔ EIB ist auf Elektrotauchlacke anwendbar
Impulsdauer 1 μ s und kürzer

- Abscheidemuster auf den Elektroden der Behandlungszelle bei Anwendung von 2 μ s und 5 μ s langen Impulsen.
- Auftreten von Lackbenetzungsstörungen in Beschichtungsversuchen mit behandeltem Lack

FreiLacke

DiWaL - Projektablauf



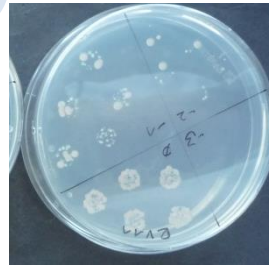
Angangssituation: Daten über die Verkeimungslage sind nur ansatzweise verfügbar:
Diagnostik bislang: ATP-Nachweistests, Kultivierung, KBE Bestimmung

Mikro-/Molekularbiologische Analyse der Verkeimungslage

Kultivierungsansatz

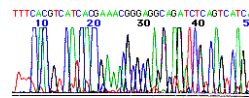
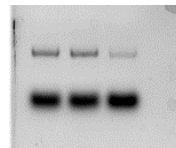
Keimquantifizierung:

- Quantitative Bestimmung der koloniebildenden Einheiten (KBE)



Keimidentifizierung

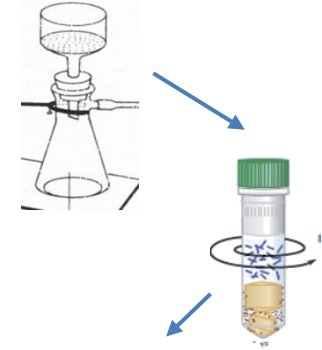
- 16S-PCR der Kolonien
- Sequenzierung



DNA-basierte Analytik

Keimaufkonzentration:

- Vakuumfiltration

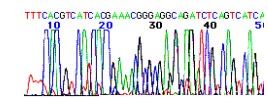
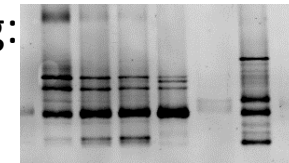


DNA-Isolierung:

- Soil Kit

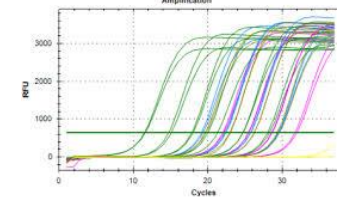
Keimidentifizierung:

- 16S PCR
- DGGE
- Sequenzierung

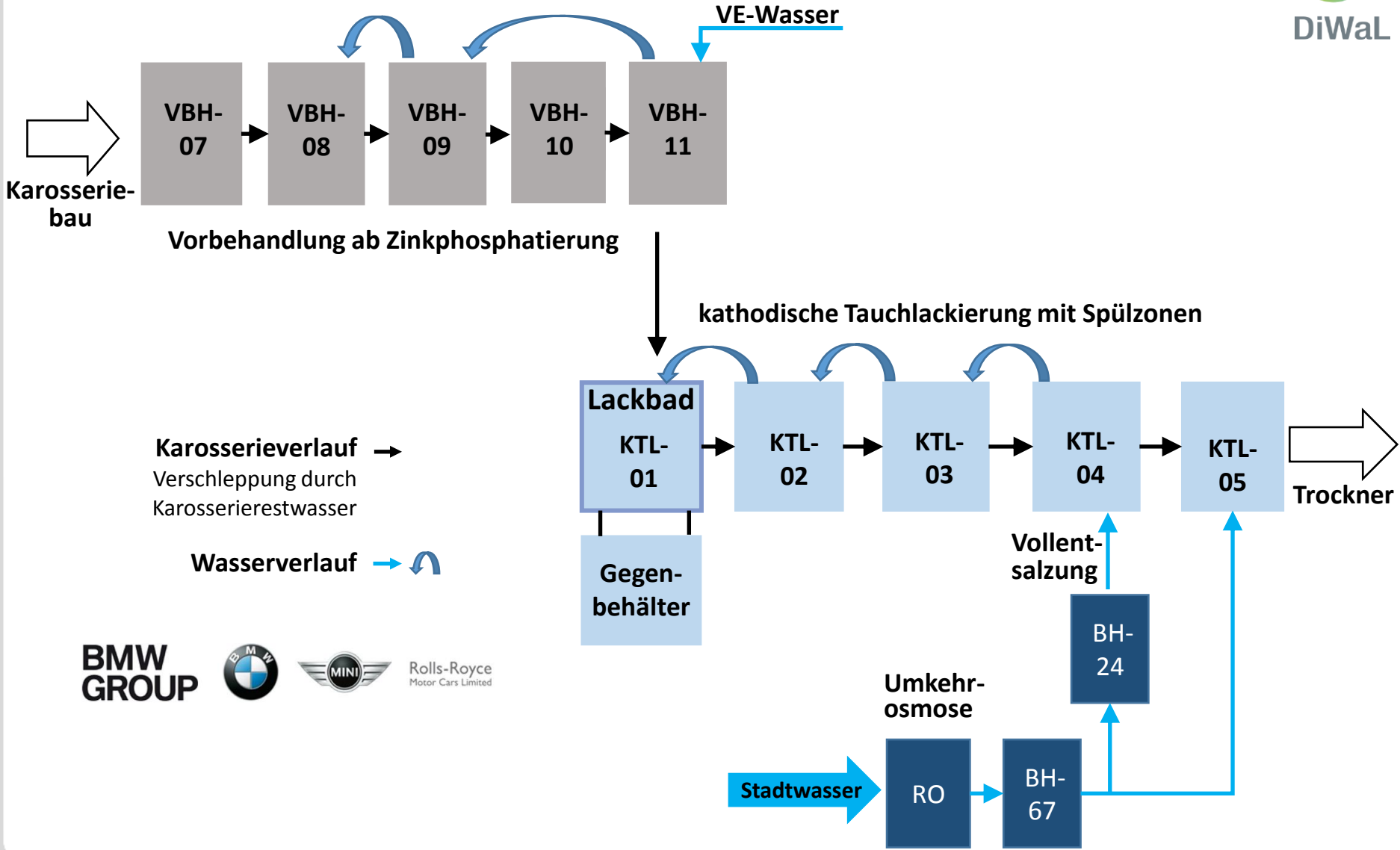


Keimquantifizierung:

- Real time PCR



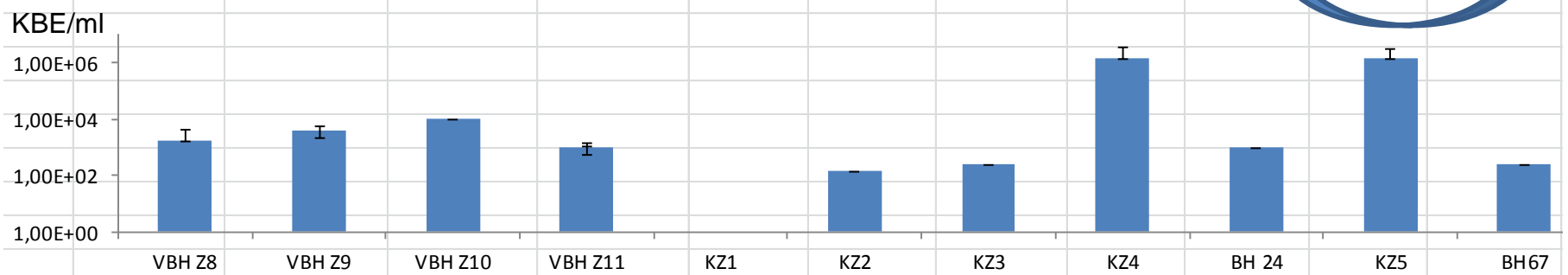
Karosserie- und Wasserverlauf in der Serienlackierung



Bakterielle Belastung und dominante Keime

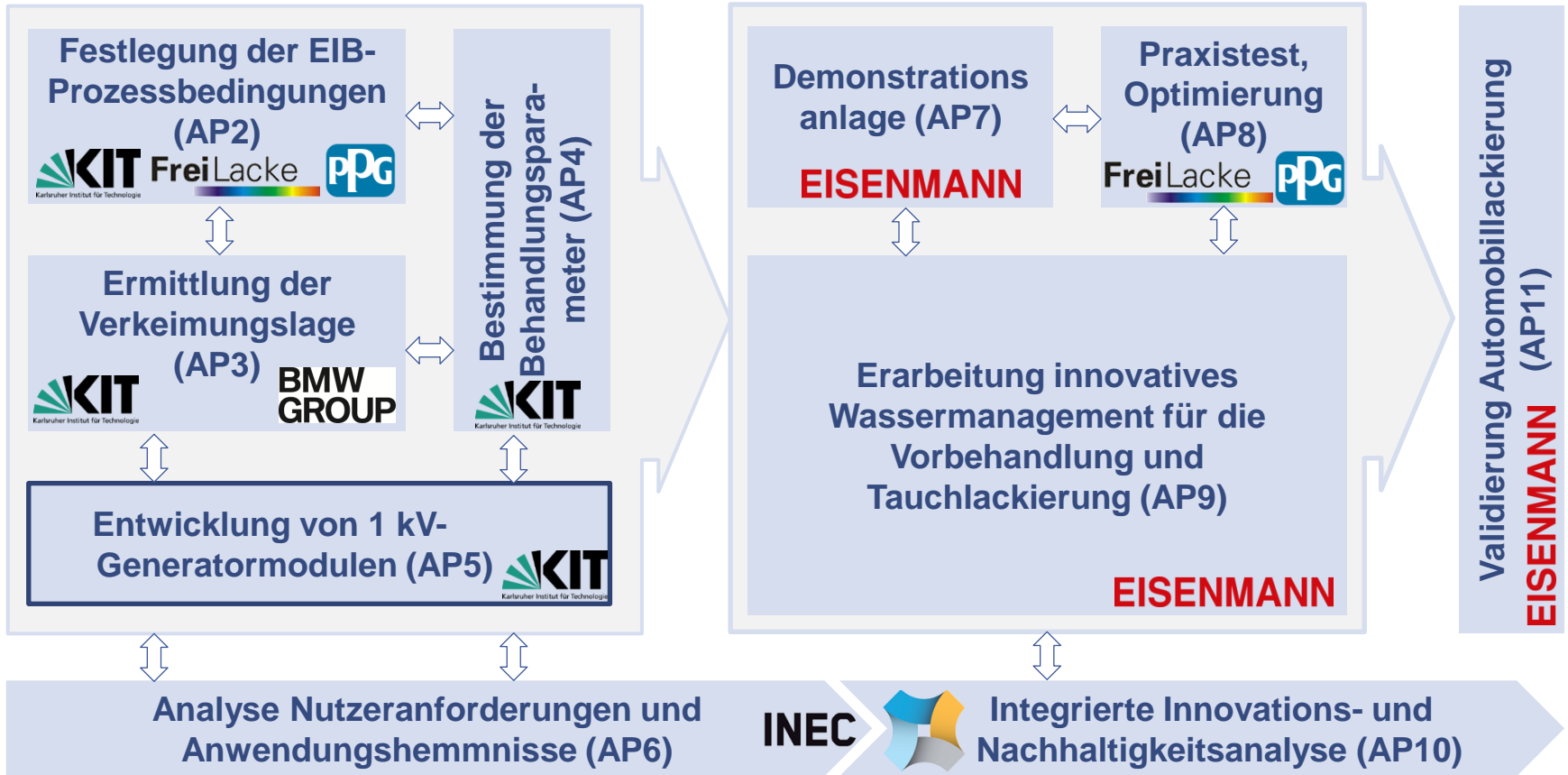
VZ8	VZ9	VZ10	VZ11	KZ1	KZ2	KZ3	KZ4	BH24	KZ5	BH67
	<i>Sphingomonas gimensis</i> (3)		<i>Sphingomonas gimensis</i> (3)							
Ralstonia pickettii (3)	Ralstonia pickettii	Ralstonia pickettii	Ralstonia pickettii (3)		Ralstonia pickettii	Ralstonia pickettii (2)		Ralstonia pickettii		Ralstonia pickettii
					<i>Burkholderia ambifaria</i> (3)	<i>Burkholderia ambifaria</i> (3)	Burkholderia ambifaria	<i>Burkholderia cepacia</i>	Burkholderia ambifaria	
										<i>Curvibacter fontanus</i>
<i>Microbacterium maritypicum</i> (2)	<i>Microbacterium maritypicum</i> (2)	<i>Microbacterium maritypicum</i>	<i>Microbacterium maritypicum</i> (2)							
	Methylobacillus (3) Hydrotalea flava <i>Rhodanobacter spathiphylli</i> <i>Paracoccus aminophilus</i>		<i>Hydrotalea flava</i> (3)					<i>Roseomonas mucosa</i>		<i>Staphylococcus caprae</i> <i>Mycobacterium</i>

kursiv: im Kultivierungsansatz identifizierte Keime
 normal: mittels DNA-basierter Analytik ermittelt
fett: mit beiden Diagnostiken identifiziert



- Eintragswege ins KTL Becken:
 - Karosserierestwasser aus VBH Z11
 - Rückgeführtes Wasser aus KTL Z4-5
 - VE-Wasserbehälter

DiWaL - Projektablauf



Angangssituation: Leistungsfähige, schnelle ($T_A \sim 100$ ns), Halbleiter geschaltete Generatoren sind nicht verfügbar.

Konventionelle Hochleistungsimpulstechnik



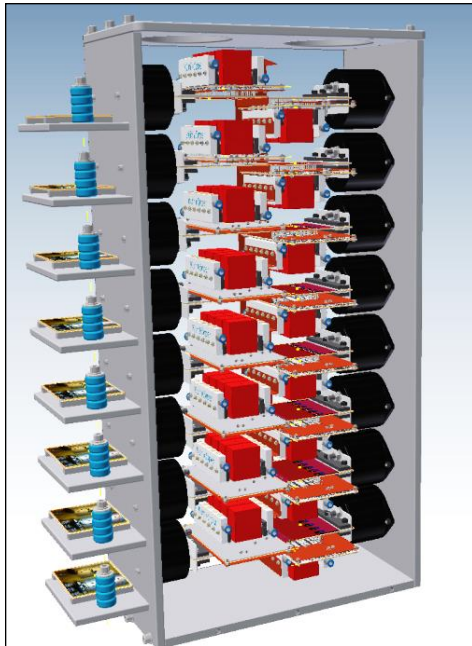
Impuls-
generator

Hochspannungs-
versorgung

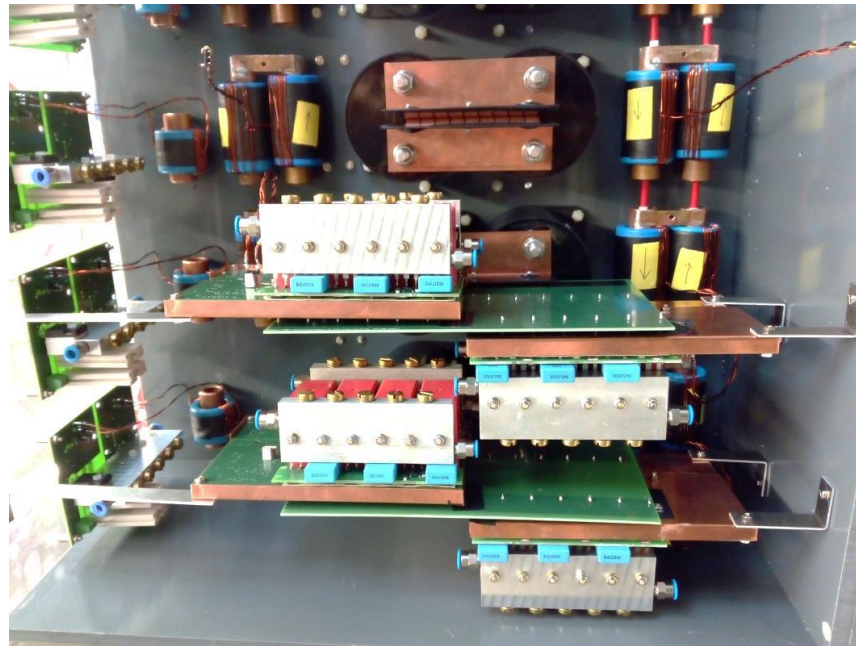
Druckgas-
versorgung und
Aufbereitung

- geringe Flexibilität bei der Impulsparameterwahl
- Hochspannungsschalter:
Druckgas-isolierte Funkenstrecken:
 - apparativer Aufwand für die Druckgas Erzeugung und Reinigung erforderlich
 - im Fehlerfall ist plasmaphysikalische Expertise notwendig

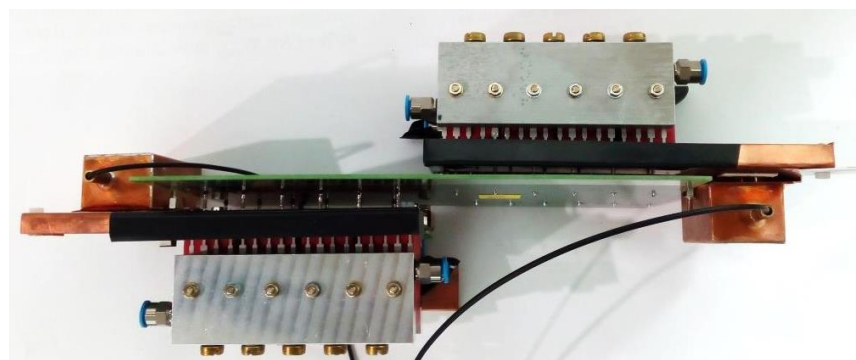
DiWaL - 1 kV Generatormodule, Generatorkaufbau



Design: 8kV-Generator als Testmodell für den 30kV-Demogenerator

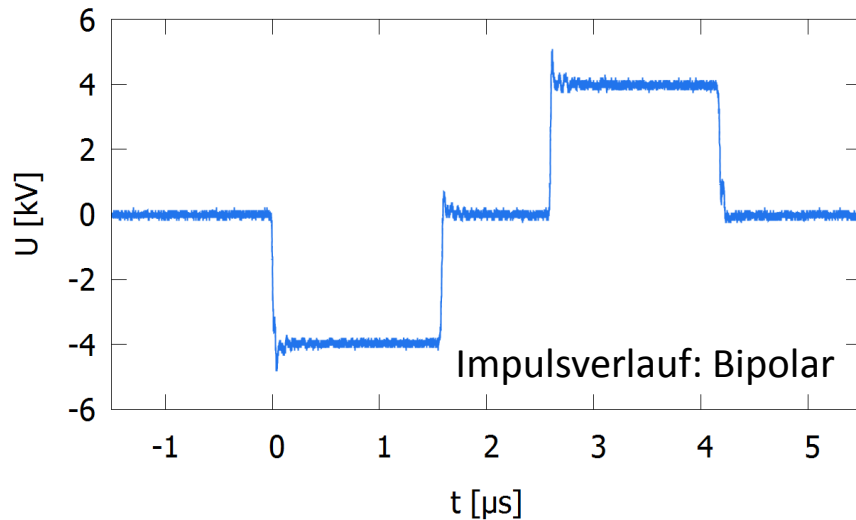
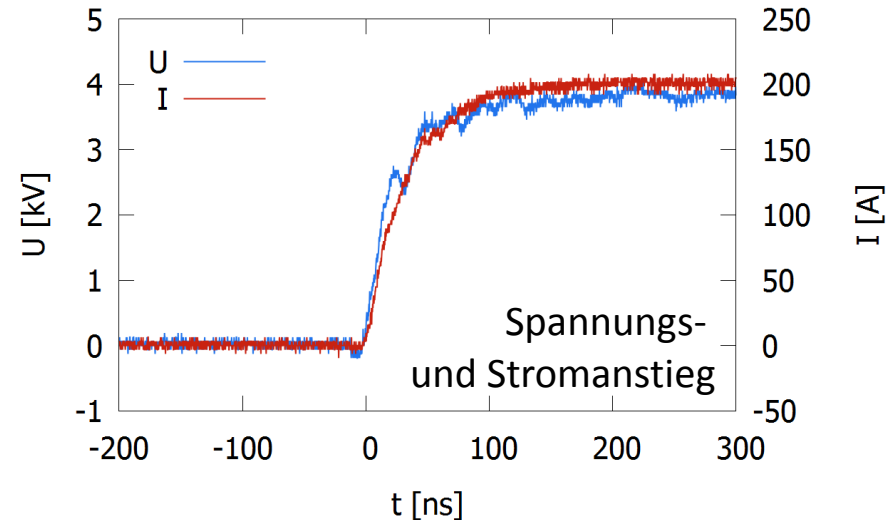
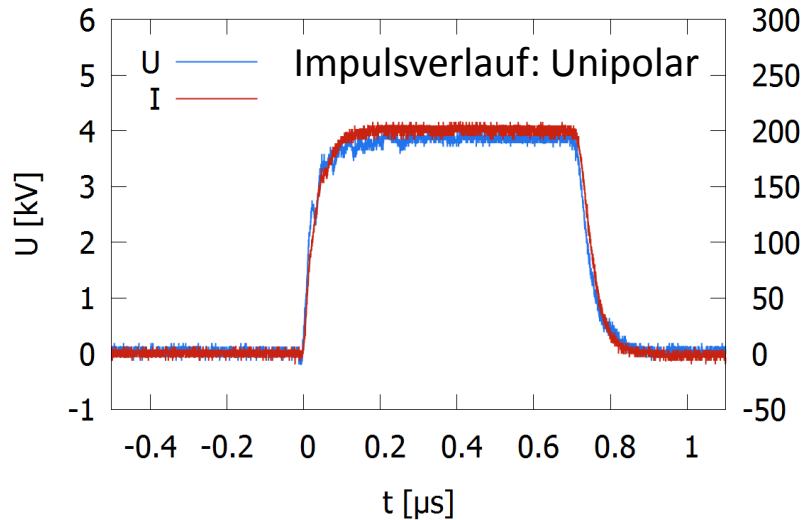


Serienschaltung von Vollbrückenmodulen im Laborgenerator



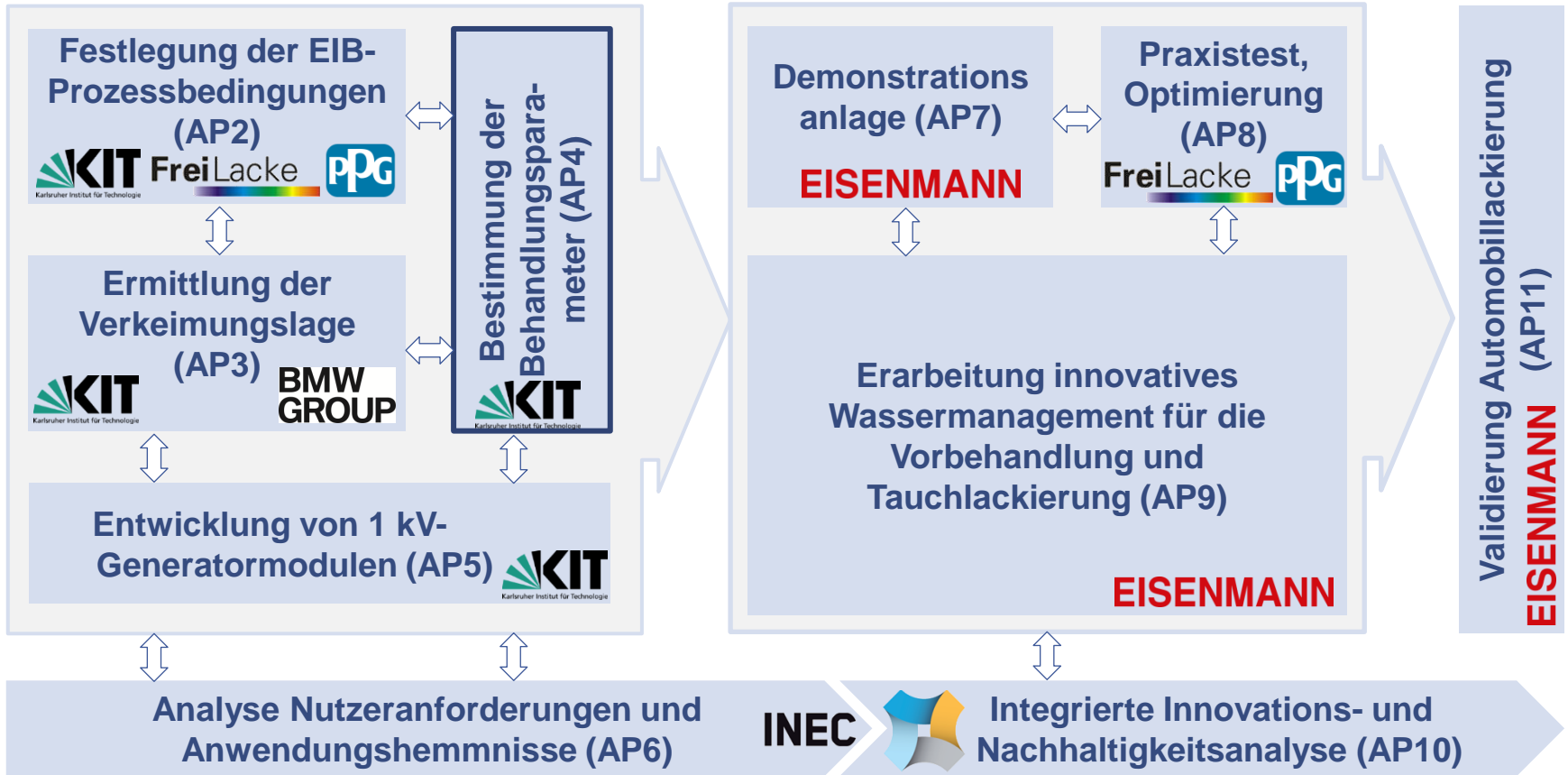
1kV Vollbrückenmodul mit optischer Ansteuerung

DiWaL - 8 kV Laborgenerator



- Impulsform, Polarität, Impulsdauer (1-10 μ s) frei wählbar
- Halbleiter geschaltete Generatormodule mit Anstiegszeiten von unter 100 ns wurden erfolgreich implementiert

DiWaL - Projektablauf

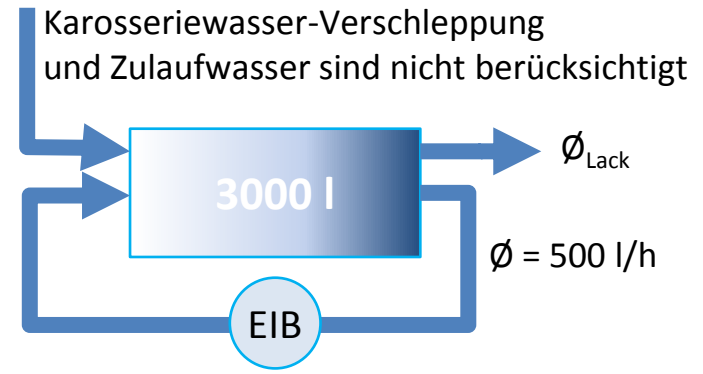
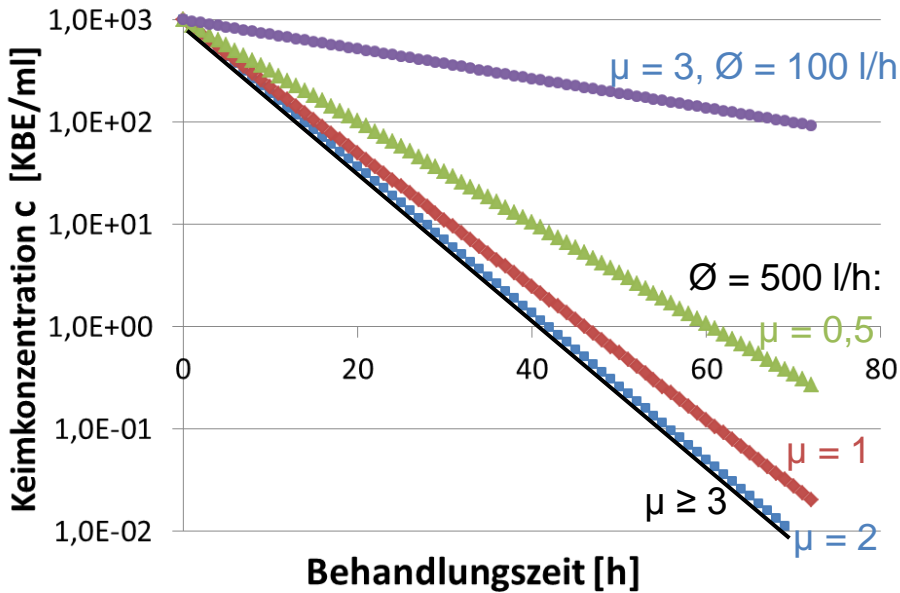


Ausgangssituation: Inaktivierungsleistung der EIB in Medien der Elektrotauchlackierung ist nicht bekannt.

Erforderliche Entkeimungsleistung, Modellrechnungen

Abhängigkeit der Keimkonzentration von Durchfluss - Beckenvolumen - Abtötungsrate :

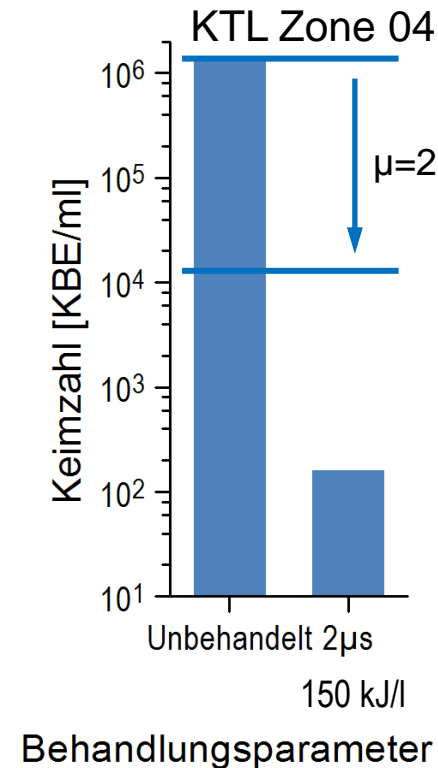
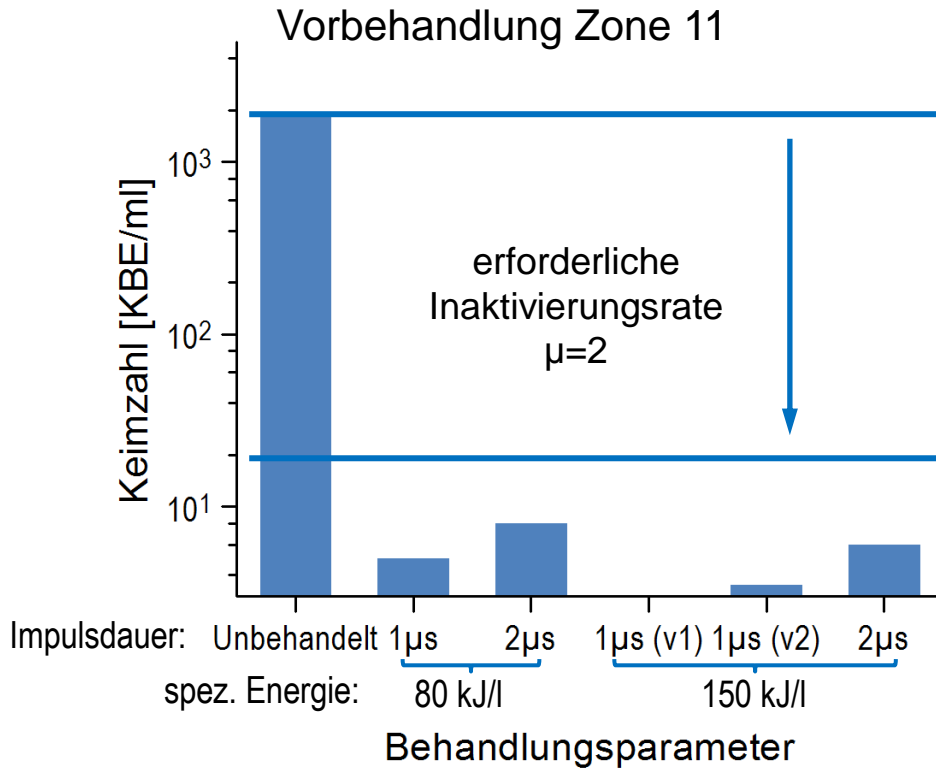
$$c(t) = c_0 e^{-\frac{\phi}{V_0} \cdot (1 - 10^{-\mu}) \cdot t}$$



c : Keimkonzentration
 ϕ : Durchfluss EIB-Anlage
 V_0 : Beckenvolumen
 μ : Keimabtötungsrate in Log-Stufen

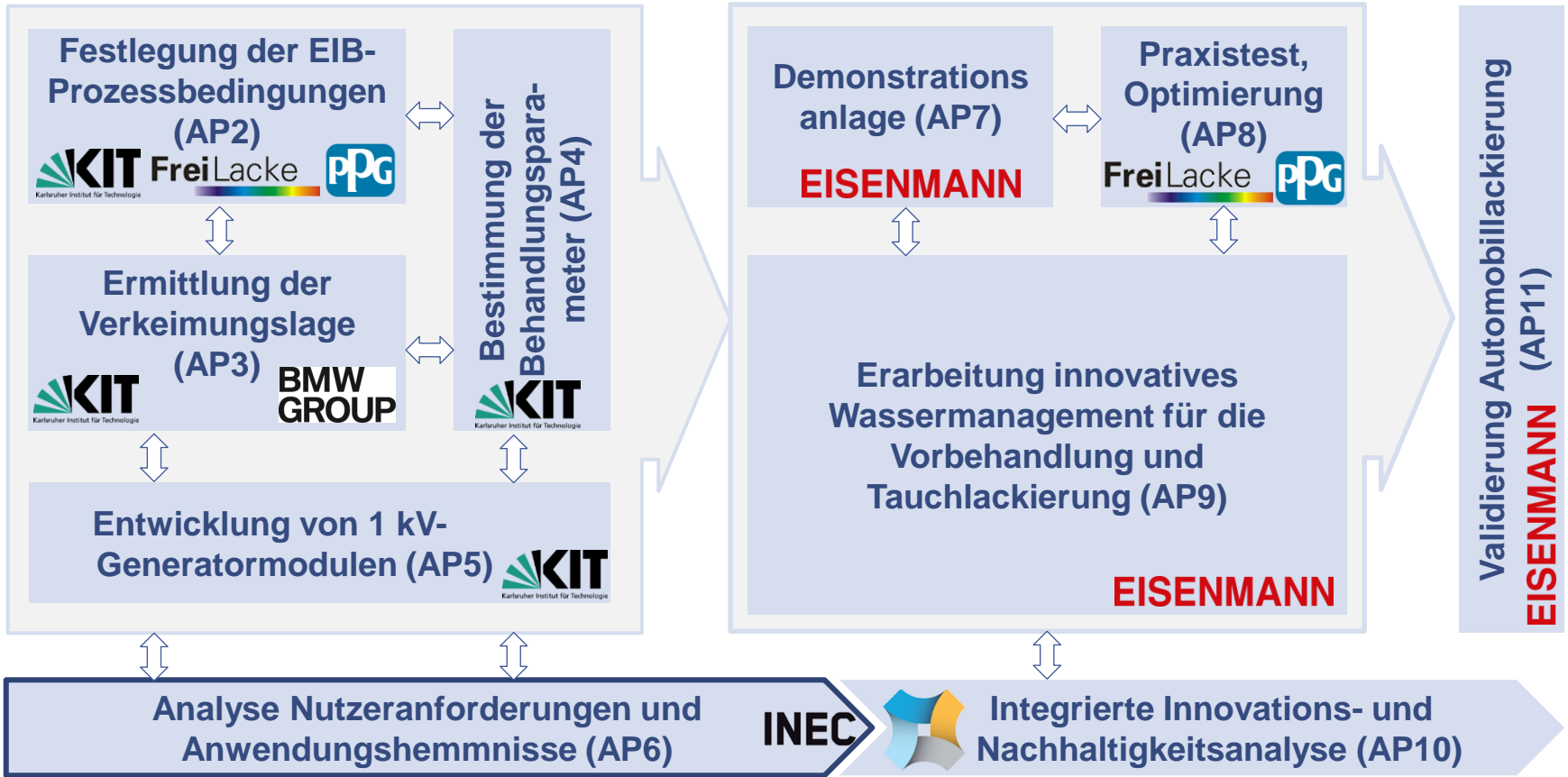
- Erforderliche Abtötungsrate: $1 < \mu < 2$
- Für $\mu > 2$ ist die weitere Verkürzung der Behandlungszeit unwesentlich
- Der erzielbare Durchfluss ϕ bei vergleichsweise geringer Inaktivierungsleistung ist ausschlaggebend

Erzielte Keimabtötungsraten



- Inaktivierungsleistung der EIB (150 kJ/l) ist mehr als ausreichend
- Bedarf an Behandlungsenergie liegt wahrscheinlich deutlich unter 150 kJ/l

DiWaL - Projektablauf



Stakeholder-Analyse

Identifikation von Anforderungen, Treibern und Hemmnissen

Vorgehensweise:

- Stakeholder-Identifikation

Anlagenbauer Anlagenbetreiber, Technologieentwickler, Zulieferer, Wissenschaftler, Behörden, ...

- Erste Runde: Telefon-Befragung, 10 Teilnehmer (Erstellung einer Kriterienliste)



- Zweite Runde: Bewertungsbogen, anonymisierte Befragung
45 Anforderungen, 40 potenzielle Hemmnisse, 32 potenzielle Treiber

Stakeholder-Analyse: Ergebnisauswertung



Zu den wichtigsten Treibern bezüglich des Einsatzes der EIB gehören:

- Vermeidung von Resistenzen
- Der Betrieb einer Tauchlackieranlage mit EIB anstatt mit Bioziden wäre von Änderungen gesetzlicher Regelungen und Umweltauflagen (z.B. neue Biozid-Verordnung, REACH, etc.) bezüglich einem Einsatz von Chemikalien unabhängig
- Potentiell höhere Arbeitssicherheit im Vergleich zum Einsatz von Bioziden.

Zu den wichtigsten Hemmnisse / Bedenken gehören:

- Potentielle Höhe des Stromverbrauchs und der Stromkosten
- Potentielle Höhe der Investitions- und Transaktionskosten
- Nachträgliche Integration der Anlage in ein bestehendes System ist schwierig
- Negativer Einfluss der EIB auf die Lackqualität; Beschichtung der Behandlungselektroden



DiWaL - Resümee - nächste Schritte



- Elektroimpulsbehandlung ist auf Wässer in der Elektrotauchlackierung anwendbar
- Entkeimungsleistung der EIB in ETL-Wässern ist ausreichend gegeben
 - ➔ Meilenstein M1 (mon18) ist erreicht

Im Folgenden:

- Bestimmung der Entkeimungsleistung in der ETL-Lackmatrix
- Anwendung molekularbiologischer Methoden zur Bestimmung der Abtötungsraten
- Verfeinerung des Designs der 30 kV Demoanlage, Bau der Anlage
- Fachanalyse Biozide / Nachhaltigkeitsanalyse