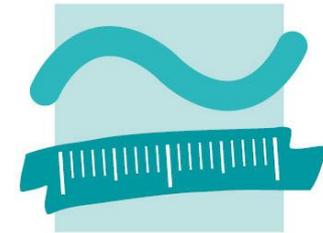


# Verfahren zur Dekontamination von Fleisch - Wirkprinzip und Leistung von In situ-Elektrolyse-Verfahren

Prof. Dr. Herbert Weber  
Beuth Hochschule für Technik Berlin  
FG Lebensmitteltechnologie  
eMail: [dr.web@t-online.de](mailto:dr.web@t-online.de)



Studiere Zukunft!

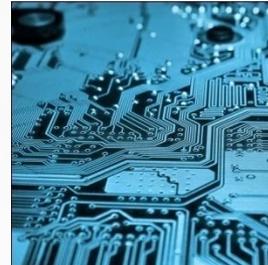
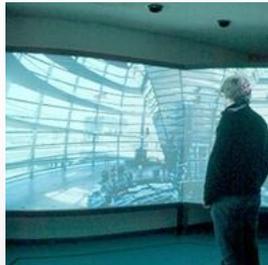


BEUTH HOCHSCHULE  
FÜR TECHNIK  
BERLIN

University of Applied Sciences

[www.beuth-hochschule.de](http://www.beuth-hochschule.de)

zuvor  
TFH Berlin  
(Technische Fachhochschule)

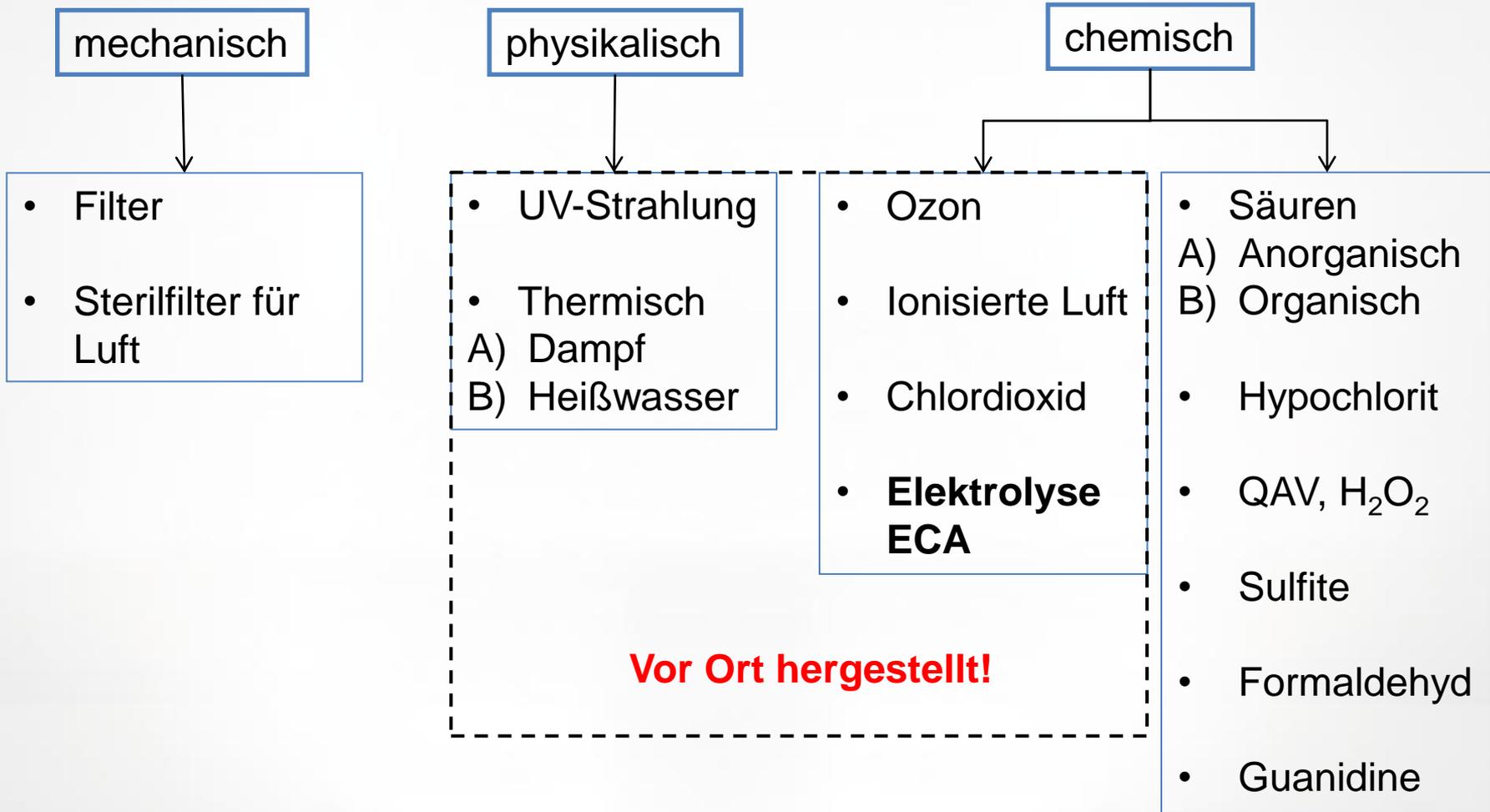


# Gliederung

1. Elektro-Chemische Aktivierung (ECA) - Grundlagen
2. Anwendungsbereiche außerhalb der Fleischindustrie
3. Applikationen in der Fleischindustrie
  - Flächendesinfektion
  - Kistenwaschanlagen
  - Messersterilisation
  - Schlachtroboter
  - (Luftentkeimung, Wurstkühlung, Peitschenbedüsung)
4. Grenzen
  - Rechtlich (teilweise Produktkontakt; Biozid), Korrosion, Zehrung
  - Rückstände
5. Fazit

# ECA-Gundlagen

# Verfahren zur Dekontamination



# Historie der Elektrolyseverfahren

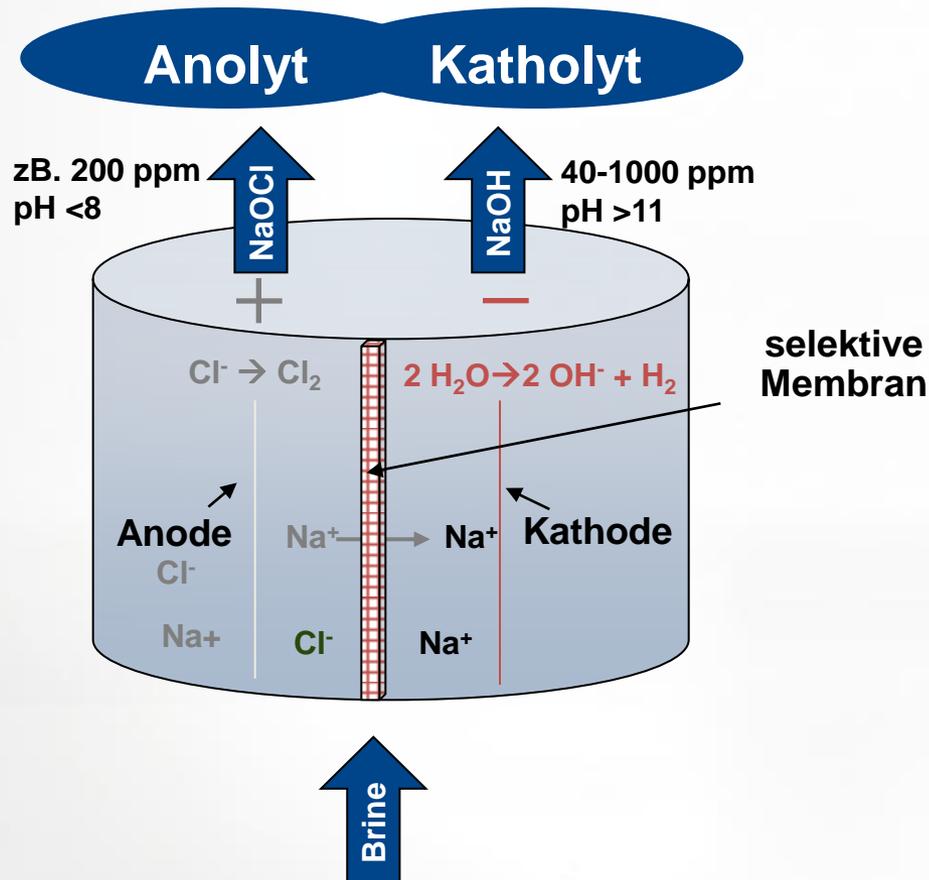
- Die Technik der Elektrodialyse besteht seit 1896
- Ab 2000: Entwicklung leistungsfähiger Membranen und Optimierung der Elektrolyse-Generatoren
- Inzwischen gibt es viele Anwendungen, Veröffentlichungen und eine steigende Zahl von Patentanmeldungen
- In-Situ-Elektrolyse Verfahren sind heute in verschiedenen Branchen weltweit im Einsatz
- Die durch Elektrolyse erzeugte Dekontaminationswirkung – hypochlorige Säure, HOCl - steht im Wettbewerb mit anderen Substanzen, z.B. Natriumhypochlorid (Salz)

# Was ist ECA?

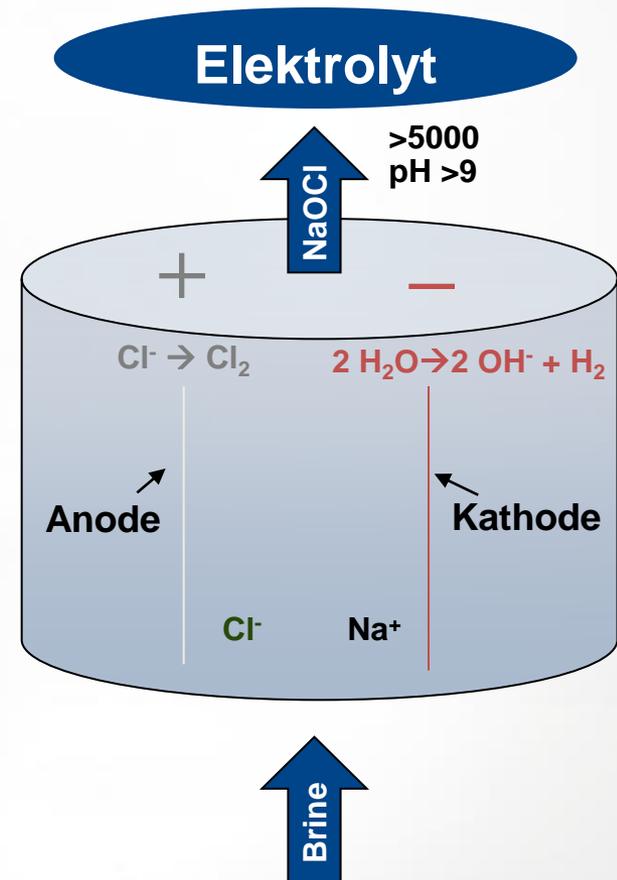
- Produktion einer **Elektro-Chemisch-Aktivierten** Lösung
  - Desinfektionsmittel ist NaOCl
- Ausgangslösung ist eine NaCl-Lösung
- Eine verdünnte NaCl-Lösung passiert ein elektrisches Feld
- Bei Teilung der Elektrodenkammern entstehen ein Anolyt und ein Katholyt
- Bei einer Einkammer-Elektrolysezelle entsteht ein Elektrolyt

# Aufbau einer ECA-Anlage

## Elektrodiaphragmanalyse

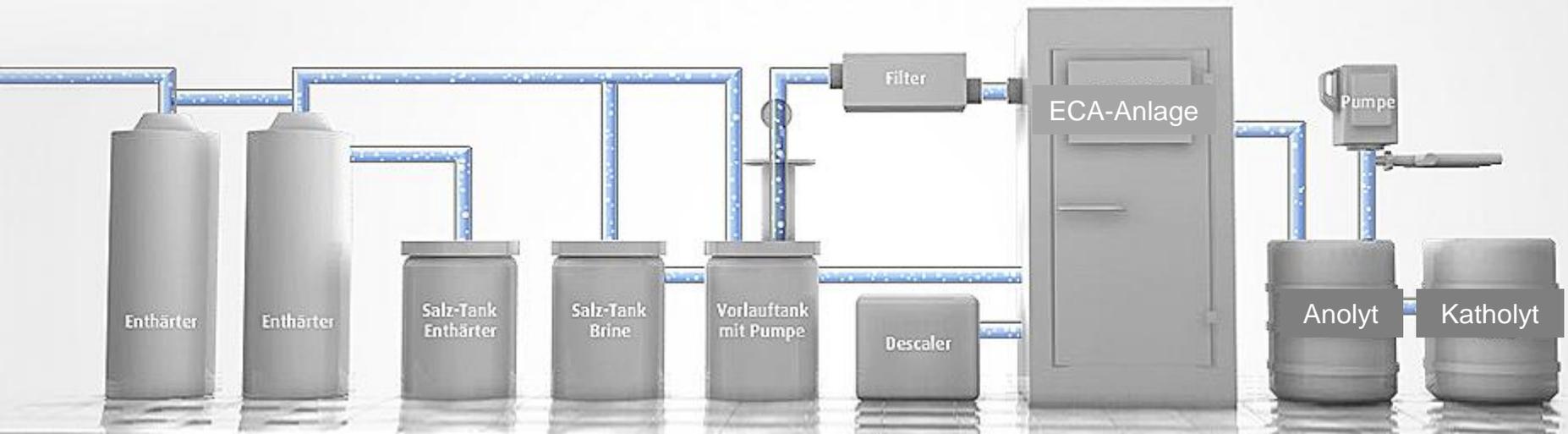


## Klassische Elektrolyse



# Schematischer Aufbau einer ECA-Anlage

- benötigte Mengen werden „just in time“ vor Ort produziert
- Verbrauchsmaterialien:  
Strom, Wasser, handelsübliches Kochsalz und eine Descalerlösung



# Installation

## ECA-Anlage und Vorschaltmodul



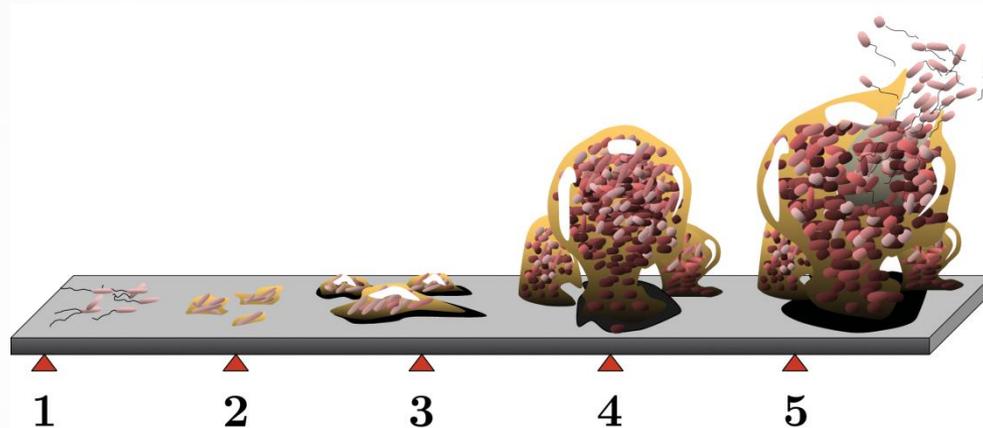
# Membranzellen-Elektrolyse von NaCl

- Elektrolyse einer Kochsalz-Lösung\*
  - Elektrochemisch Aktiviertes Wasser – ECA-Wasser
  - Elektroionisiertes Wasser – EW
  - Electrolyzed Oxidizing Water – EOW
  - Electrochemical Activated Water – ECA-Water
  - Mixed Oxidants – MiOx

→ **Einsatz zur Dekontamination und Biofilm-Prophylaxe bzw. –Beseitigung**

\*Siepert, Johannes A.: Desinfektionsmittel erzeugt mit Membranzellen-Elektrolyse – eine Bestandsaufnahme. BRAUINDUSTRIE 2/2011 16.

# Die fünf Phasen des Biofilmwachstums



- Phase 1: Erstmalige Besiedlung;
- Phase 2: irreversible Fixierung an der Oberfläche;
- Phase 3: Akkumulation von Nährstoffen;
- Phase 4: sekundäre Besiedlung und Reifung;
- Phase 5: Dispersion

nach Monroe, 2007, modifiziert

# Elektrochemische Aktivierung (ECA)

## Nachweis der positiven Wirkung aus verschiedenen Branchen

Angaben aus der der Literatur, zitiert nach Fischer, 2011

- In der **Landwirtschaft** (Al-Haq et al., 2001, 2002; Bari et al., 2003; Ongeng et al., 2006)
- In der **Viehhaltung** (Al-Haq et al., 2005),
- In der **Lebensmittelindustrie** (Bach et al., 2006; Liu et al., 2006; Rico et al., 2008)
- im **Gesundheitsbereich** (Miyamoto et al., 1999; Vorobjeva et al., 2004; Martin und Gallagher, 2005)
- Einsatz als **Pflanzenschutzmittel** für die Blumenzucht (Buck et al., 2003)
- Desinfektion von **Eiern** (Bialka et al., 2004),
- Desinfektion von **Austern** (Ren und Su, 2006),
- Desinfektion von **Endoskopen** (Lee et al., 2004),
- Desinfektion von **Dentaleinheiten** (Marais und Brozel, 1999)

# Praktische Anwendungen in der Lebensmittelindustrie

- In-Prozess-Dekontaminationen
- Biofilm-Prophylaxe bzw. -Beseitigung
- Desinfektion von Prozessoberflächen
- Betriebswasserbehandlung
- Reinigungsprozesse (CIP)
- Packmittel-Desinfektion
- u.a.

# Differenzierungsmöglichkeiten der verschiedenen ECA-Produkte

- (1) Reinheit des Elektrolyseproduktes?
- (2) pH-unabhängige Wirkung?
- (3) Risiko der Korrosion bei unsachgemäßer Anwendung?
- (4) Service und kompetente Betreuung ist unabdinglich beim Einsatz von ECA in Bezug auf Wirkung und Korrosion?
- (5) Biozid-Richtlinie 98/8/EG?

# Tabelle über aktive Substanzen und Nebenprodukte

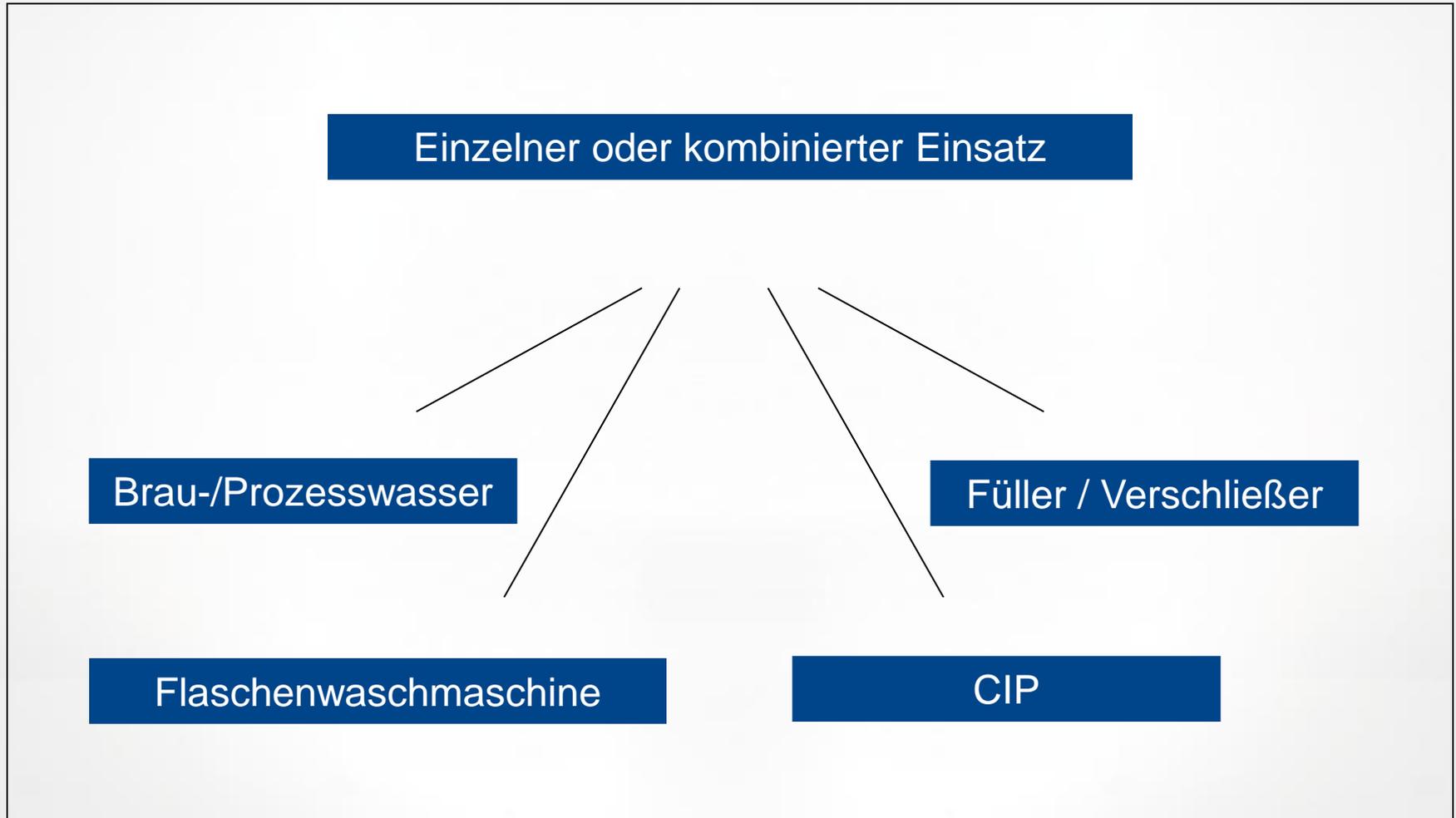
|                     | <b>Chlor</b>   | <b>Chlordioxid</b> | <b>Ozon</b>    | <b>UV</b> |
|---------------------|--|--------------------|----------------|-----------|
| Aktive Substanzen   | HOCl, ClO <sup>-</sup> , Cl <sub>2</sub> , metastabile Ionen, Radikale | Chlordioxid        | Ozon, Radikale | UV-C      |
| Mögl. Nebenprodukte | Chlorit, Chlorat, THMs, AOX  | Chlorit, Chlorat   | THMs, Bromat   | Nitrit    |

# Anwendungsbereiche außerhalb der Fleischindustrie

# Anwendungen außerhalb der Fleischindustrie

- a) Brau- und Getränkeindustrie (Trinkwasser, Füllerbedüsung, CIP)
- b) Einsatz an Endoskop-Reinigungs- und Desinfektionsautomaten zur Behandlung des letzten Spülwassers
- c) Einsatz bei Zahnärzten (Patientenstühle, Wasserversorgung)
- d) Dekontamination von Wasserspendern

# Brau- und Getränkeindustrie



# Füllerbedüsung - Vorgaben

- Voraussetzungen
  - Abfüllung eines natürlichen Mineralwassers nach Mineral- und Tafelwasserverordnung, nicht karbonisiert, PET-Flaschen
  - Keine aseptische Abfüllung
- Ziele
  - bessere Umfeldhygiene im Bereich des Füllers durch die Füllerbedüsung
  - Permanenter Einsatz während der Produktion natürlichen Mineralwassers
  - Verzicht auf die herkömmlichen täglichen Desinfektionen
  - Signifikante Erhöhung der Füllerlaufzeit
  - Mindestens 72 Stunden durchlaufende Produktion von kohlendioxidfreiem, stillem Mineralwasser ohne Zwischendesinfektion

# Füllerbedüsung - Ergebnisse

Bestätigung von den Anwendern und unabhängigen Instituten:

- **Nachhaltige Verbesserung der mikrobiologischen Situation des Füllers**
- Verzicht auf die tägliche Zwischendesinfektion
- keine sensorische Beeinträchtigung des Produktes
- kein Entstehen von sekundären Reaktionsprodukten
- Dauerhafte Abfüllung von 5 bis 7 Tagen ohne Zwischendesinfektion bestätigt
- Ergebnis übertrifft die ursprüngliche Zielvorgabe von „72 h ohne Desinfektion“ deutlich
- deutliche monetäre Einsparungen
- mehr Output

# Anwendungen von ECA-Lösungen in einer Zahnklinik in Dublin\*

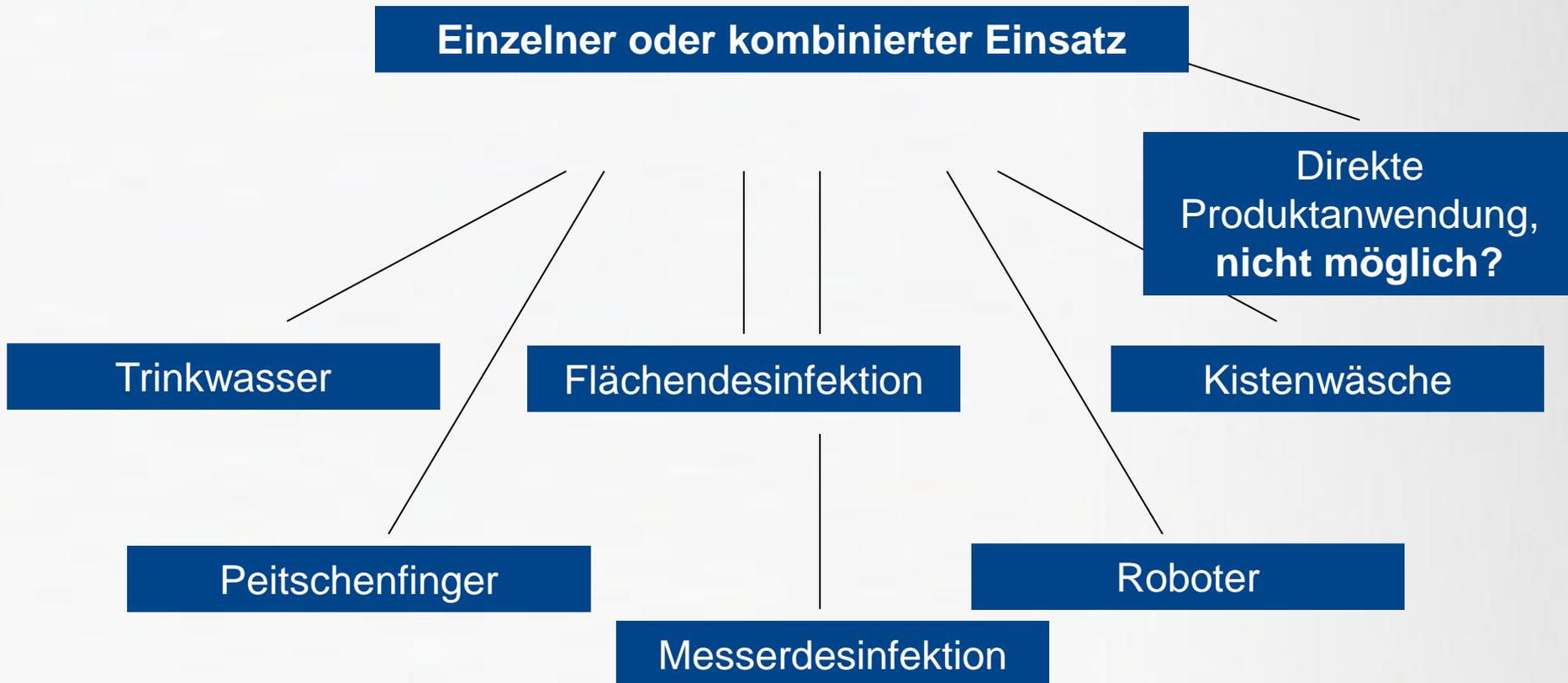
## Zentralisierung und Automatisierung der Trinkwasserdesinfektion

- Beschrieben werden Erfahrungen mit ECA-Lösungen
  - Erfolg der Maßnahmen, Voraussetzungen für den Erfolg, Auswirkungen auf das Material, Toxizität des Desinfektionsmittels
- **Kernaussage der 2-jährigen Studie**
  - der Einsatz einer 2,5mg/l konzentrierten ECA-Lösung (Stammlösung 200mg/l; Redoxspannung +900mV ( $\pm 100$ mV)) als zentrales Desinfektionsmittel unter konstanten Wasserbedingungen ist als Erfolg zu sehen. Da die Lösung so effektiv ist, sind höhere Konzentrationen als 1-2mg/l freies Chlor nicht nötig
- Reduktion auf <1-18 KBE/ml bei den über die zentralisierte und automatisierte Trinkwasserdesinfektion betriebenen Einheiten
  - Nicht behandelte Einheiten wiesen einen Durchschnittswert von 88 KBE/ml auf

\*Rogers et al. (2006), Coleman et al. (2007), O'Donnell et al. (2009) und Boyle et al. (2010), zitiert nach Fischer (2011).

# Applikationen in der Fleischindustrie

# Optimum: Ganzheitlicher Ansatz





# Ansätze + Benefits

## **(1) Trinkwasser-/Prozesswasseroptimierung**

- ⇒ Eliminierung von Biofilmen im wasserführenden System
- ⇒ Sicherung einer gleichbleibend hohen Qualität des Wassers

## **(2) Flächendesinfektion**

## **(3) Kühlwasseroptimierung**

- ⇒ Reduzierung des Keimniveaus im Kühlwasser
- ⇒ Höhere Produktsicherheit innerhalb des MHD
- ⇒ Einsparung von Chemikalien, Wasser und Energie

# Ansätze + Benefits

## (4) Kistenwaschanlage

### ⇒ **Kaltdesinfektion**

⇒ Eliminierung von hohen Temperaturen

⇒ Dampfschwaden, Bildung von Kondenswasser und somit Kreuzkontaminationen und Entstehung von Schimmelpilzsporen werden verhindert

⇒ besserer, gesicherter mikrobiologischer Status

⇒ Energieeinsparung und bessere Materialverträglichkeit durch niedrigere Temperaturen

## (5) Peitschenfingerdesinfektion

⇒ optimiertes Düsensystem in Nasspeitsche hält die Peitschenfinger „ohne Befund“

⇒ vollständige Eliminierung des Kreuzkontaminationsrisikos durch die Nasspeitsche

# Ansätze + Benefits

## (6) Messerdesinfektion/-sterilisation

- ⇒ **Kaltdesinfektion**
- ⇒ besserer, gesicherter mikrobiologischer Status
- ⇒ Energieeinsparung und bessere Materialverträglichkeit durch niedrigere Temperaturen
- ⇒ Schärfe der Messer wird durch niedrigere Temperatur im Prozess deutlich erhalten
- ⇒ keine Koagulation von Eiweiß

## (7) Optimierung von Schlachtrobotern

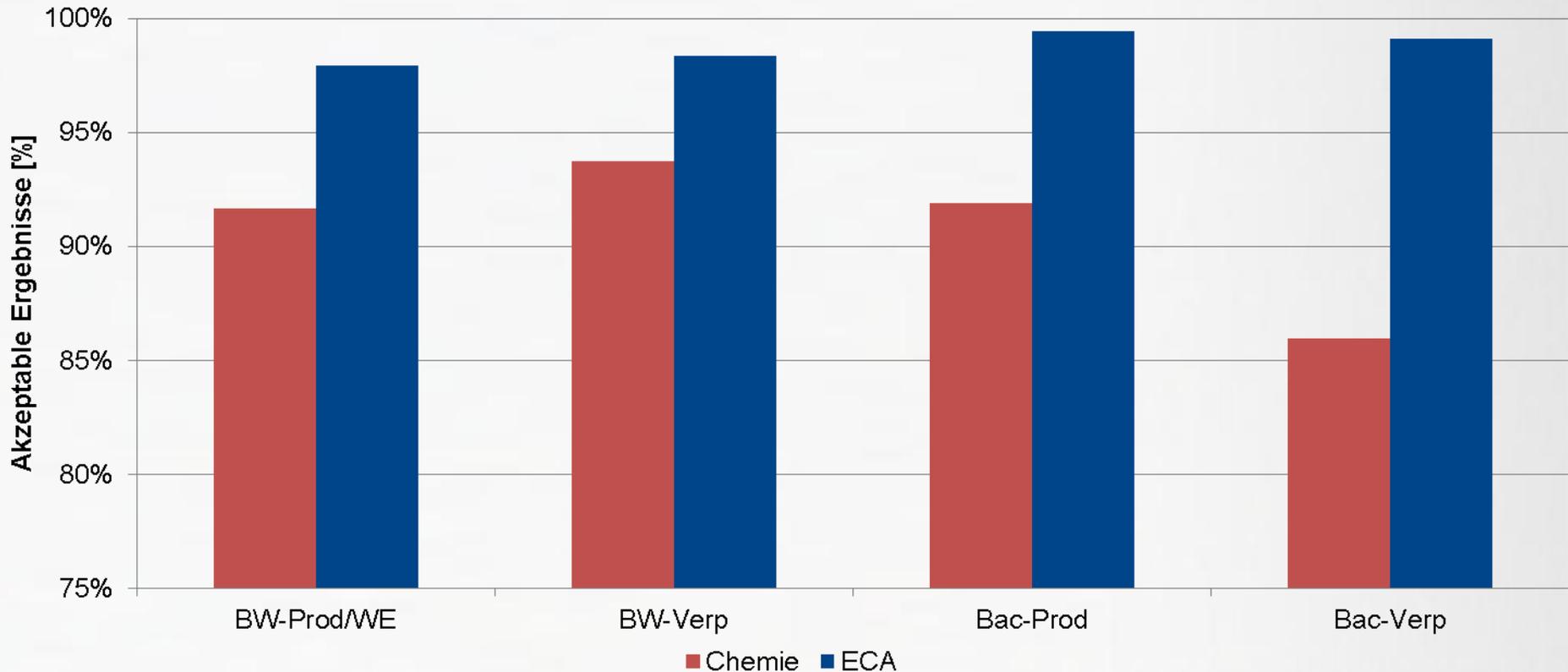
- ⇒ **Kaltdesinfektion**
- ⇒ besserer, gesicherter mikrobiologischer Status
- ⇒ deutliche Energieeinsparungen
- ⇒ Eliminierung von Kreuzkontaminationsrisiken

# Flächendesinfektion - Ergebnisse

Applikation: kontinuierliche Beimischung der Hochdruck-Heißwasserleitungen mit ECA

Gesamtprobenumfang: ca. 300

Vergleich Chemie / ECA

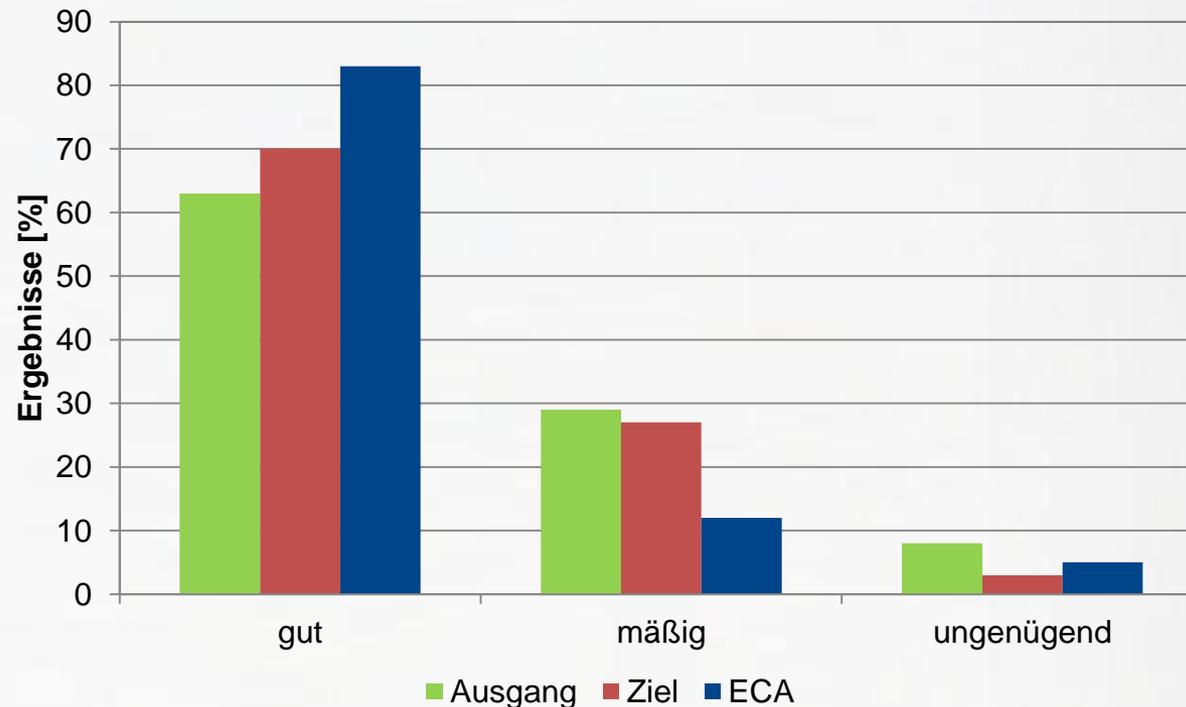


# Flächendesinfektion - weitere Ergebnisse

## Vorgabe des Anwenders

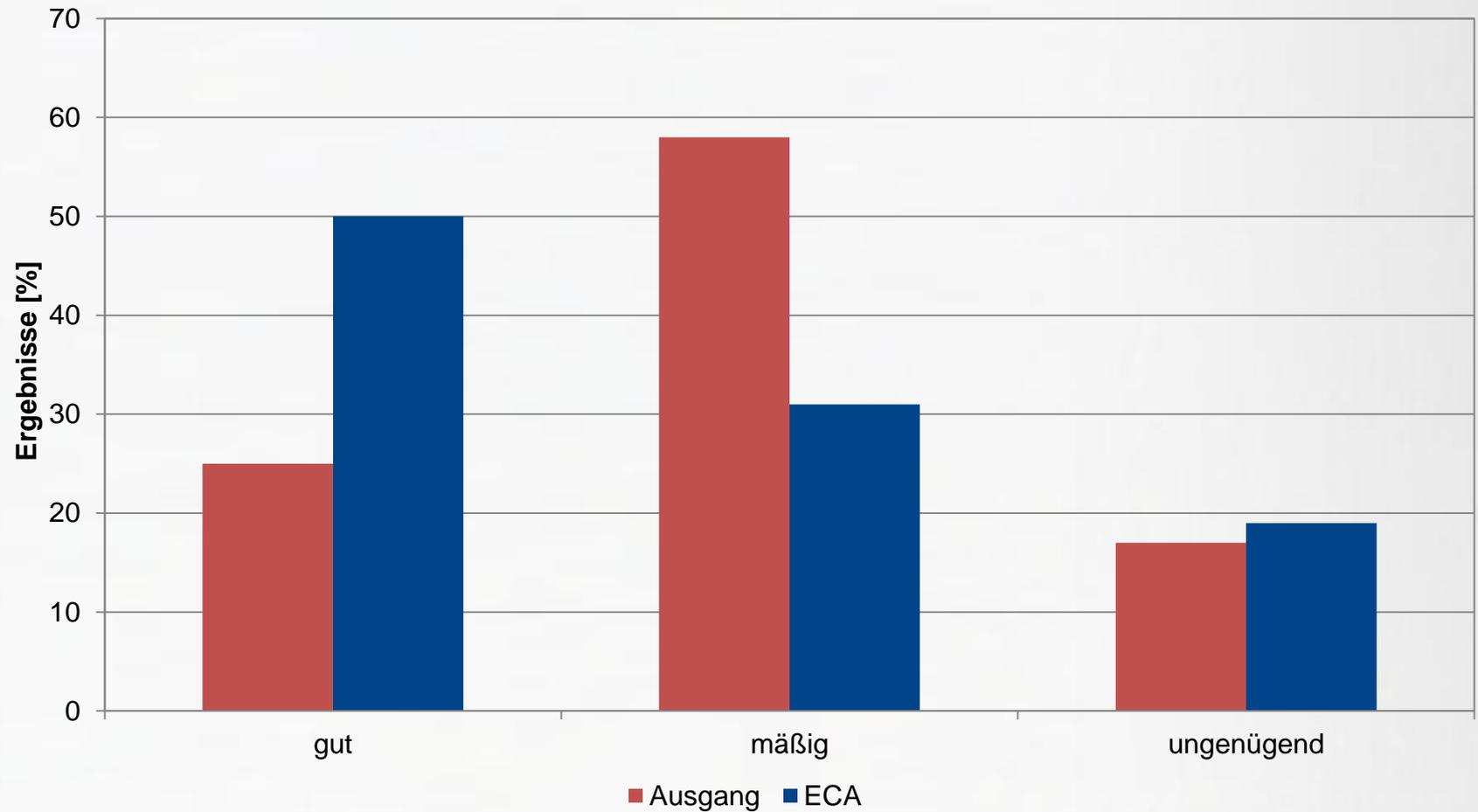
- ⇒ mind. 70% der Ergebnisse „gut“
- ⇒ max. 27% „mäßig“
- ⇒ max. 3% „ungenügend“

Probenumfang: ca. 400



# Kistenwaschanlage - Ergebnisse

Probenumfang: ca. 90



# Testergebnisse Schlachtröbter

Enddarmbohler, Schlossknochenöffner, Bauchdeckenöffner

| Bauchdeckenöffner        | 82 °C                                     | ECA 40 °C |
|--------------------------|---|-----------|
|                          | Gesamtkeimzahl<br>KbE/ 20 cm <sup>2</sup> |           |
| Proben 7:00h Mittelwert  | 152                                       | 89        |
| Proben 10:00h Mittelwert | 306                                       | 121       |
| Proben 14:00h Mittelwert | 257                                       | 81        |

Probenumfang ca. 100

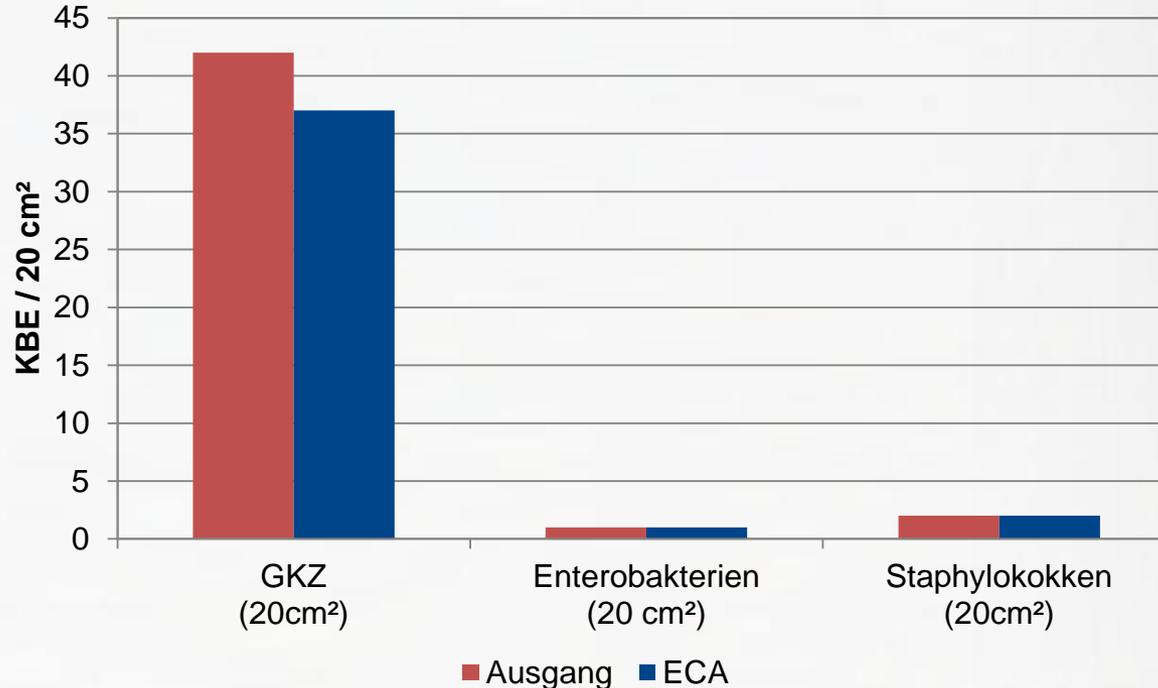
- Vergleichbare Ergebnisse auch für Enterobacteriaceae und Staphylokokken bei Darmbohler und Schlossknochenöffner

# Testergebnisse Messerdesinfektion in der Fleischindustrie

Messersterilisationsbecken mit 82 °C wurde durch Kaltdesinfektion mit ECA ersetzt.

Zielvorgabe des Anwenders aus der Fleischindustrie

⇒ mind. gleichbleibende Ergebnisse



# Grenzen der Anwendung von ECA in der Dekontamination

# Grenzen

ECA-Produkte enthalten desinfizierende Oxidantien, z.B. Chlor und einen erheblichen Salzanteil

- Chlor und andere Oxidantien fallen unter die Biozid-Verordnung (98/8/EG)  
Der Einsatz von Bioziden auf Lebensmitteln ist **nicht erlaubt**
- Bildung von unerwünschten Rückständen auf dem Lebensmittel
- Gefahr der Korrosion wird durch das enthaltene Salz erhöht
- Wirkung kann möglicherweise durch organische Belastung verringert werden

# Analyse auf Rückstands- und Umwandlungsprodukte bei ECA-Anwendungen in der Fleischbranche

- Es wurden unter realen Produktionsbedingungen hergestellte Fleischproben entnommen
- Durchführung der Untersuchung
  - Fleisch wurde in eine Kiste gelegt, die durch KDWM gelaufen und mit ECA desinfiziert wurde (A).
  - Fleisch wurde auf eine gereinigte und mit ECA desinfizierte Oberfläche gelegt (B).
  - Fleisch wurde von einem mit ECA desinfizierten Messer geschnitten (C).
  - Fleisch wurde in 10 ppm NaOCl (ECA) getaucht, 5min. Einwirkzeit (D)
- Vergleichsuntersuchungen mit Trinkwasser unter gleichen Bedingungen.



## 12. BfR-Forum Verbraucherschutz

Vorkommen und Bedeutung von Zoonosen als Krankheitserreger für den Menschen.

- *Verbesserung der Lebensmittelhygiene und der Lebensmittelsicherheit durch In-situ-Elektrolyse Verfahren?*

# **Zukunft braucht Mut und Klarheit!**

Lothar Späth (\* 16. November 1937 in Sigmaringen)



***Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!***

Dank an

**Dr. Andreas Laborius**  
Husum und Regensburg

**Sebastian Fischer**  
Berlin, Greifswald, Bonn (ab 01.07.12)

# Literaturhinweise

- Braitinger, M., Braitinger, C.: Influenzverfahren – praktische Erfahrungen zur Keimzahlreduktion im Getränkebereich. Vortrag Beuth Hochschule für Technik Berlin (2011).
- Fischer, S.: Ökobilanz und Kostenanalyse von Dentaleinheiten am Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (ZZMK) unter Berücksichtigung zu validierender alternativer Desinfektionsverfahren, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald (2011).
- Heeg, P.: Anwendungsmöglichkeiten von NADES in der Medizin. Fa. aquagroup, Regensburg, 3. Treffen des Wissenschaftlichen Beirats (2012).
- Robinson, G. M.; S. W-H. Lee; J. Greenman; V. C. Salisbury und D. M. Reynolds: Evaluation of the efficacy of electrochemically activated solutions against nosocomial pathogens and bacterial endospores. Letters In Applied Microbiology, 50(3):289–294 (2010).
- Weber, H.: Mikrobiologie der Lebensmittel - Grundlagen, Behr's Verlag, Hamburg, 2010.