

Primär-, Sekundär- und Rekondensationstropfen
in Nasskühltürmen;
Auswirkungen auf die Emission von Mikroorganismen

ESG

Dieter Wurz, Christine Wachter-Wurz, Stefan Hartig

Emission von Mikroorganismen:

Auf sehr komplexe Weise mit der Tropfenemission verknüpft.

Weit verbreiteter Irrtum:

Emission von Mikroorganismen hauptsächlich mit der Emission von Tröpfchen aus dem Kühlturmkreislaufwasser verknüpft, die den Tropfenabscheider im freien Flug passieren konnten.

Verständnis der Emissionsvorgänge setzt die Kenntnis der drei Tropfenhauptfraktionen

voraus:

- Rekondensationstropfen
- Primärtropfen
- Sekundärtropfen

Rekondensationstropfen

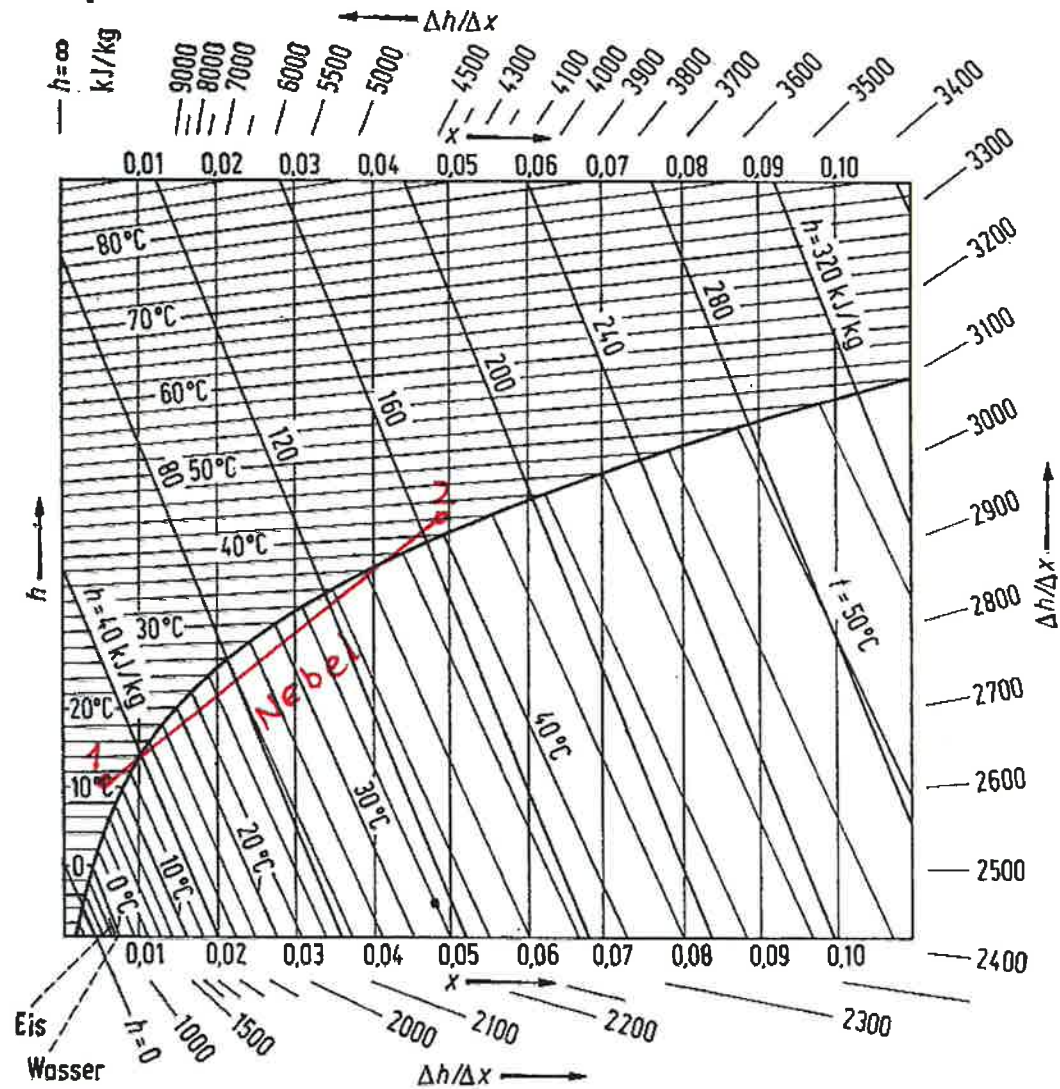


Bild 1: h - x - Diagramm für feuchte Luft

Bildungsprozess der Rekondensationstropfen (RT):

Mischungsgerade führt durch Nebelgebiet \Rightarrow Rekondensation \Rightarrow Nebeltropfen mit ca. $d_{RT} < 5 \mu\text{m}$.

Beladung des Schwadens mit Rekondensationstropfen:

ca. 0 - 1 000 mg/m³, je nach Umweltbedingungen.

Kondensation hauptsächlich an Kondensationskernen:

Staub, Mikroorganismen in der Umgebungsluft.

Bei geringer Staubbeladung der Luft ist der Mineralstoffgehalt der Rekondensationstropfen sehr klein \Rightarrow näherungsweise vollentsalztes Wasser.

Konsequenz: Rekondensationstropfen (ca. $d_{TR} < 5 \mu\text{m}$) transportieren die Mikroorganismen, die bereits in der Umgebungsluft enthalten waren.

Kühlturm als Luftwäscher, sofern keine Primär- und Sekundärtropfen emittiert werden.

Primärtropfen

Definition:

Tropfen aus versprühtem Kühlwasser, welche die Kühlturmeinbauten sowie den Tropfenabscheider ohne Wandkontakt passieren konnten.

Eigenschaften:

Als Aliquot des Kühlwassers ist die Keimbelastung (Spezies) der mitgerissenen Kühlwassertropfen mit jener des Kühlwassers identisch.

Durch Teilverdunstung des Kühlwassers kann sich die Keimkonzentration (KBE/ml) etwas erhöhen, insbesondere bei sehr geringer relativer Feuchte der Luft.

Tropfengrößenbereich der Primärtropfen (PT) bei Einsatz einfacher Lamellen - Tropfenabscheider:
 $10 \mu\text{m} < d_{\text{PT}} < 500 \mu\text{m}$ (1 000 μm).

Beladung des Schwadens mit mitgerissenen Kühlwassertropfen in der Größenordnung von 50 - 200 mg/m^3 .

Sekundärtropfen

Hauptquellen:

- Stoßinteraktion der Kühlwassertropfen mit Oberflächen im Kühlturm, die mit Biofilmen bedeckt sind (z. T. hochviskose Flüssigkeitsfilme mit sehr hoher Keimbelastung aufgrund einer langen Verweilzeit).
 - Oberflächen:
 - Rieseleinbauten
 - Oberfläche im Sammelbecken
 - Tropfenabscheider
 - austrittsseitiger Ventilator
- Einsammeln kleiner Rekondensationstropfen am Ventilator (hohe Umfangsgeschwindigkeiten, kleiner Krümmungsradius) mit nachfolgender Ablösung der Sekundärtropfen von den Flügeln bzw. von der Wand.

Größenverteilung der Sekundärtropfen: $10 \mu\text{m} < d_{\text{ST}} < 1\,500 \mu\text{m}$.

Beladung des Schwadens mit Sekundärtropfen ca. $10 - 200 \text{ mg/m}^3$.

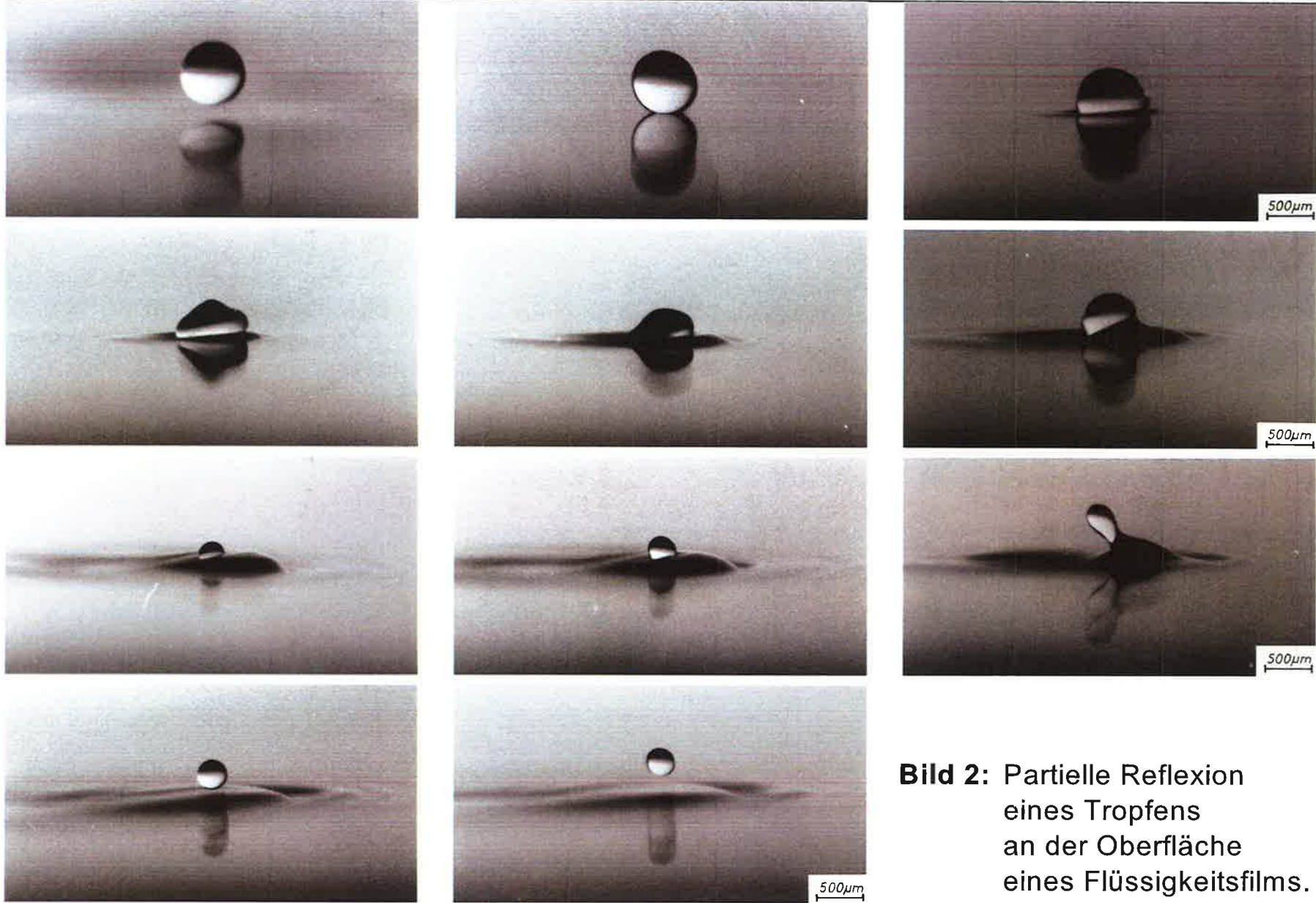


Bild 2: Partielle Reflexion eines Tropfens an der Oberfläche eines Flüssigkeitsfilms.

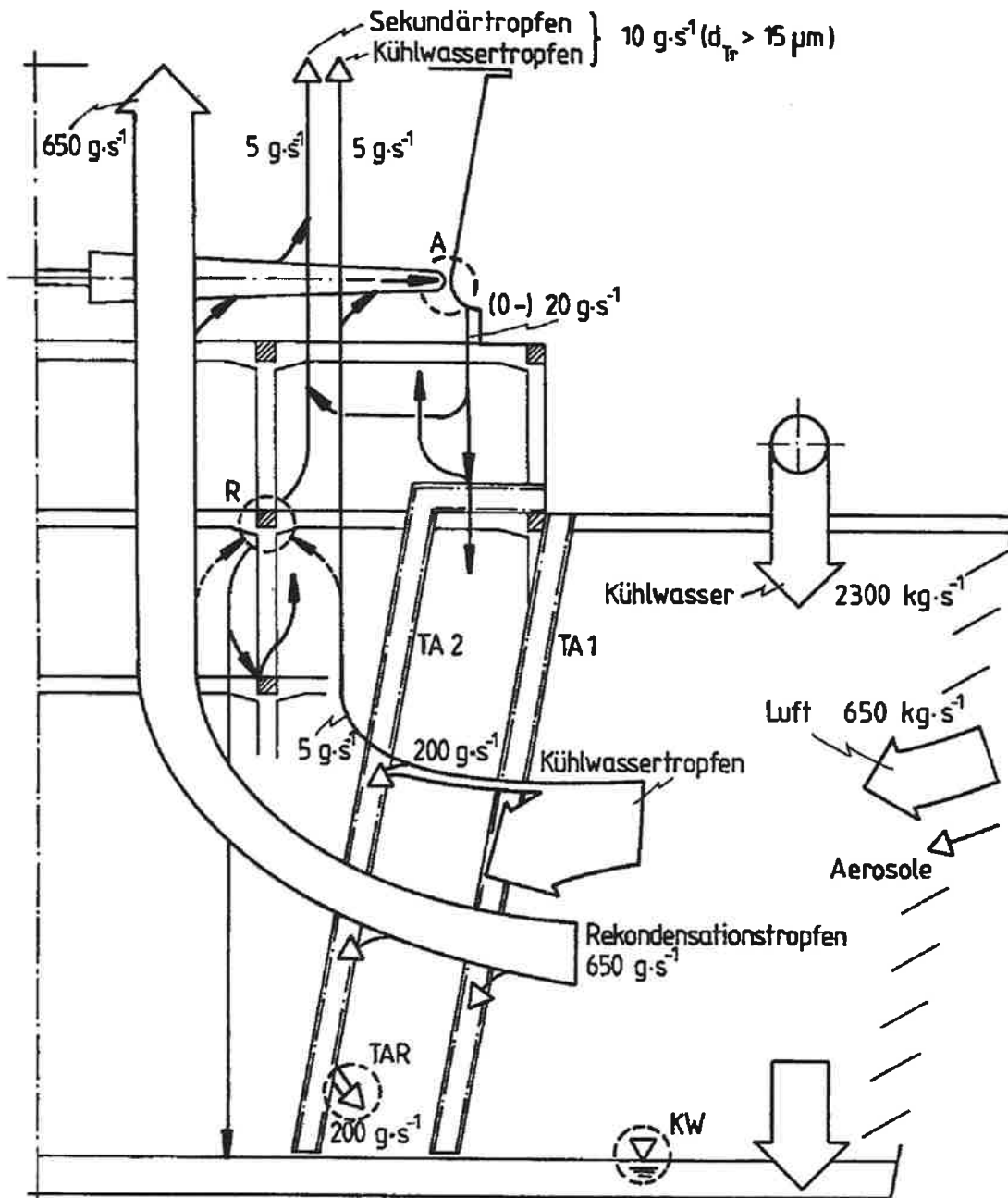
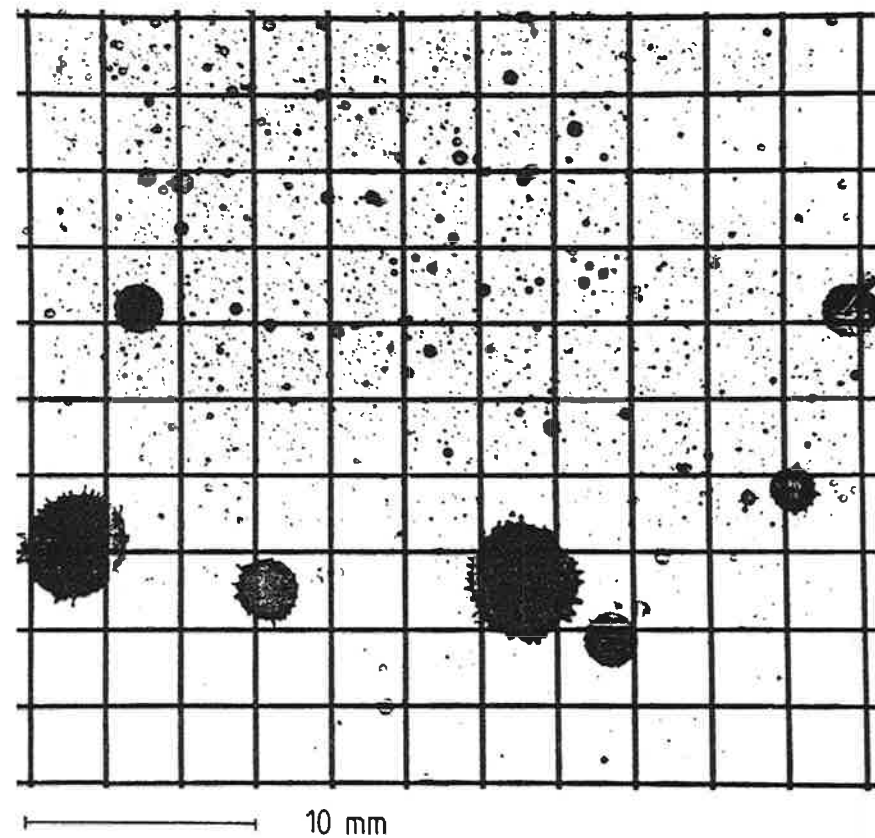
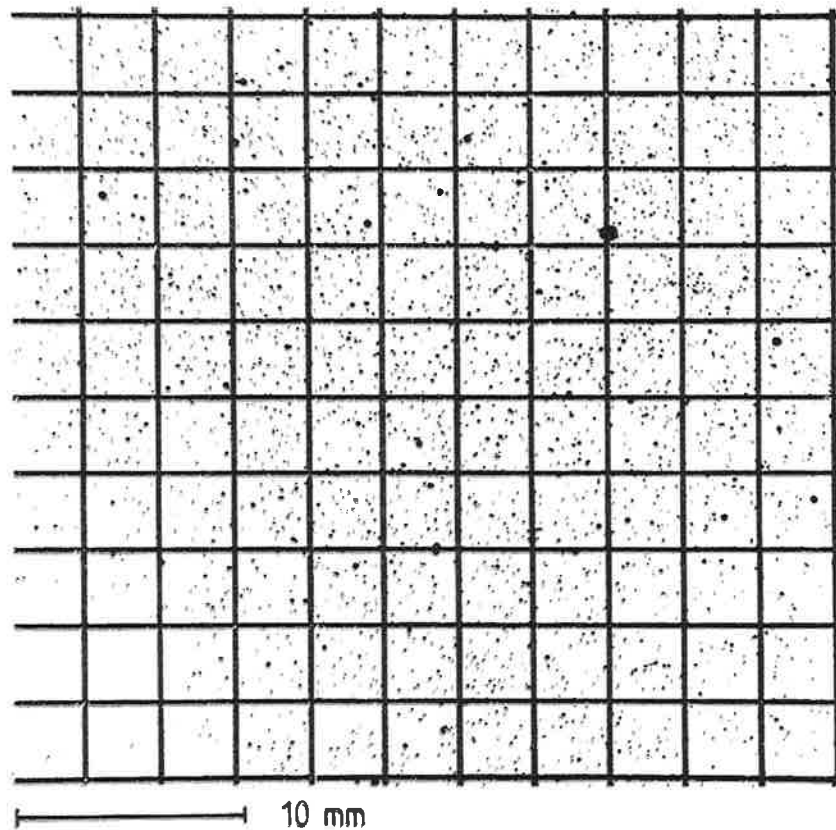


Bild 3: Schema zu der Entstehung sowie zum Transport von Rekondensations-, Primär- und Sekundärtropfen.



Bilder 4 und 5: Beispiel von Messergebnissen zur Tropfengrößenverteilung unmittelbar hinter einem Tropfenabscheider, links, und am Austritts eines Nasskühlturms mit saugend angeordnetem Ventilator, rechts.

Ergebnis zahlreicher Messkampagnen:

Tropfengrößentransformation

- Kann nur durch Wandkontakt kleiner Tropfen mit Biofilmen sowie mit einer nachfolgenden Ablösung größerer Tropfen zustande kommen.
- Auch von Oberflächen (Ventilatorflügel) eingefangene Rekondensationstropfen erhöhen das Bildungspotential für größere Sekundärtropfen.
- Die Keimbelastung der Sekundärtropfen ist durch Einsatz von Bioziden im Kühlturmkreislaufwasser nur bedingt zu beeinflussen.
- Spezifische Keimbelastung des Austrittsabschnitts durch Vögel.

Keimebelastung der Sekundärtropfen

- Kann um 10^4 - 10^6 KBE/ml größer sein als jene des Kühlturmkreislaufwassers.
- 1 % Massenanteil der Sekundärtropfen an der Gesamttropfenemission kann für Keimemission bestimmend sein!

Konsequenz für die Betriebsgenehmigung eines Nasskühlturms:

- Sollte nicht auf Basis der Keimbelastung des Kreislaufwassers, sondern auf Basis der Keimemission, gemessen im Schwaden am Kühlturmaustritt, erteilt werden.
- Messungen im Schwaden sind bei Einsatz geeigneter Verfahren nicht sehr viel aufwändiger als die Probenahme im Kreislaufwasser.
- Kosten zu einem hohen Anteil durch Untersuchungen im Labor bedingt.
- **Aber dennoch anzustreben:**
Typprüfung für präzise definierte Konfigurationen und Erteilung einer Betriebserlaubnis auf Basis der Inspektions- und Wartungsbestimmungen.

Konsequenz für die Gestaltung von Nasskühltürmen:

- Potential für die Bildung von Sekundärtropfen weitestgehend reduzieren.
- Nährstoffangebot in den Biofilmen möglichst gegen Null fahren. Grund:
Vollentsalztes Wasser wirkt auf die meisten Keime nicht nur wachstumshemmend, sondern wie ein Biozid!
In Deionat ist "keine" intensive Ausbildung von Biofilmen zu erwarten!
(Ausnahmen: spezielle Keimspezies).
- Nährstoffangebot resultiert primär aus den Inhaltsstoffen der Primärtropfen (Kühlturmkreislaufwasser), während die Rekondensationstropfen näherungsweise Deionat darstellen.
- Hochleistungstropfenabscheider einsetzen, um den Eintrag nährstoffhaltiger Tropfen in den Austrittsabschnitt eines Nasskühlturms zu minimieren.

Beispiele: Mit Meerwasser betriebene Kühltürme (zweistufige Tropfenabscheider),
Rauchgaswäscher (zwei - bzw. dreistufige Tropfenabscheider)

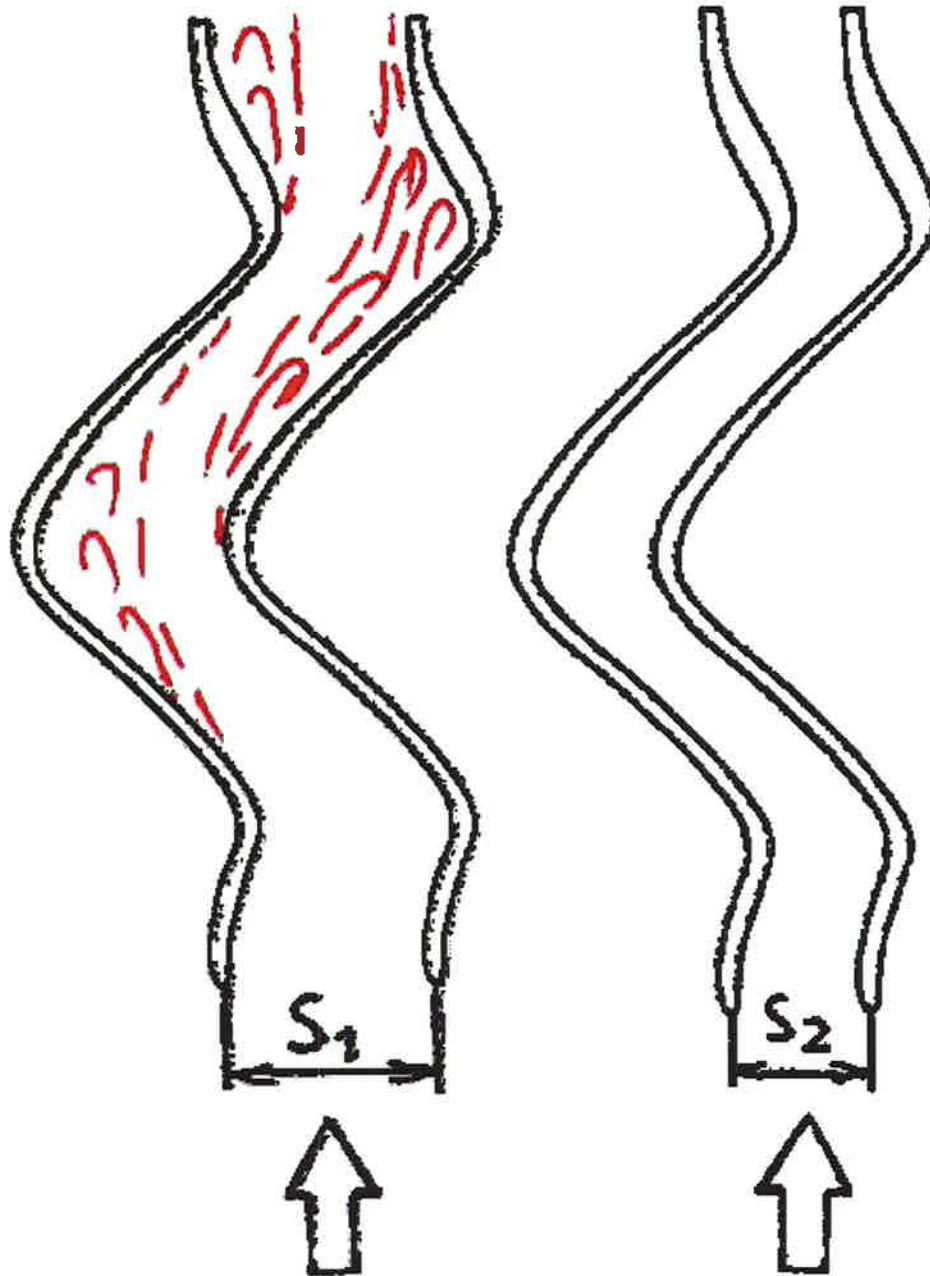


Bild 6: Lamellentropfenabscheider mit großer Teilung S1 und mit kleiner Teilung S2

Kritische Aspekte bei einem Einsatz von Hochleistungstropfenabscheidern:

- Verschmutzungsneigung der Hochleistungstropfenabscheider ist erheblich.
- Notwendigkeit einer online - Reinigung der Abscheider.
- Die Reinigungsprozedur darf nicht zu einer Emission von Tropfen und Keimen aus den Biofilmen führen.
- Erhöhter Druckverlust der Hochleistungstropfenabscheider?
Muss nicht der Fall sein!
Begründung:
 - anliegende Strömung bei kleinerer Lamellen - Teilung, Bild 6.
 - generell geringer Druckverlust bei wabenförmigen Tropfenabscheidern (jedoch erhöhtes Verschmutzungsrisiko durch Kapillarspalte).

Aufgabe: Messtechnik optimieren!

Aspekt des ZIM - Projekts der ESG sowie eines neuen Forschungsprojekts des UBA:

Beladung der Tröpfchen mit Mikroorganismen möglichst nach Tropfengrößenfraktionen bestimmen:

- Feinsttröpfchen/Aerosole: $D_T < 5 \mu\text{m}$ ($< 10 \mu\text{m}$)
- mitgerissene Kühlwassertropfen (Primärtropfen): $10 \mu\text{m} < D_T < 200 \mu\text{m}$
- Sekundärtropfen: ca. $50 \mu\text{m} < D_T < 1\,500 \mu\text{m}$

Es wird kein Tropfenabscheider für Feinsttröpfchen benötigt (Druckverlust)!

Der sogenannte Coriolis -Sampler[®] stellt kein prinzipiell neuartiges Probenahmeverfahren dar!

Das UBA - Projekt sollte sich nicht auf den Einsatz dieses Verfahrens beschränken.

Wurz hat mit seiner Arbeitsgruppe bereits vor ca. 30 Jahren an der Universität Karlsruhe mit einem ähnlichen System gearbeitet, siehe nachfolgende Bilder.

Weitere Systeme zur fraktionierten Probenahme sind bei ESG in der Entwicklung.

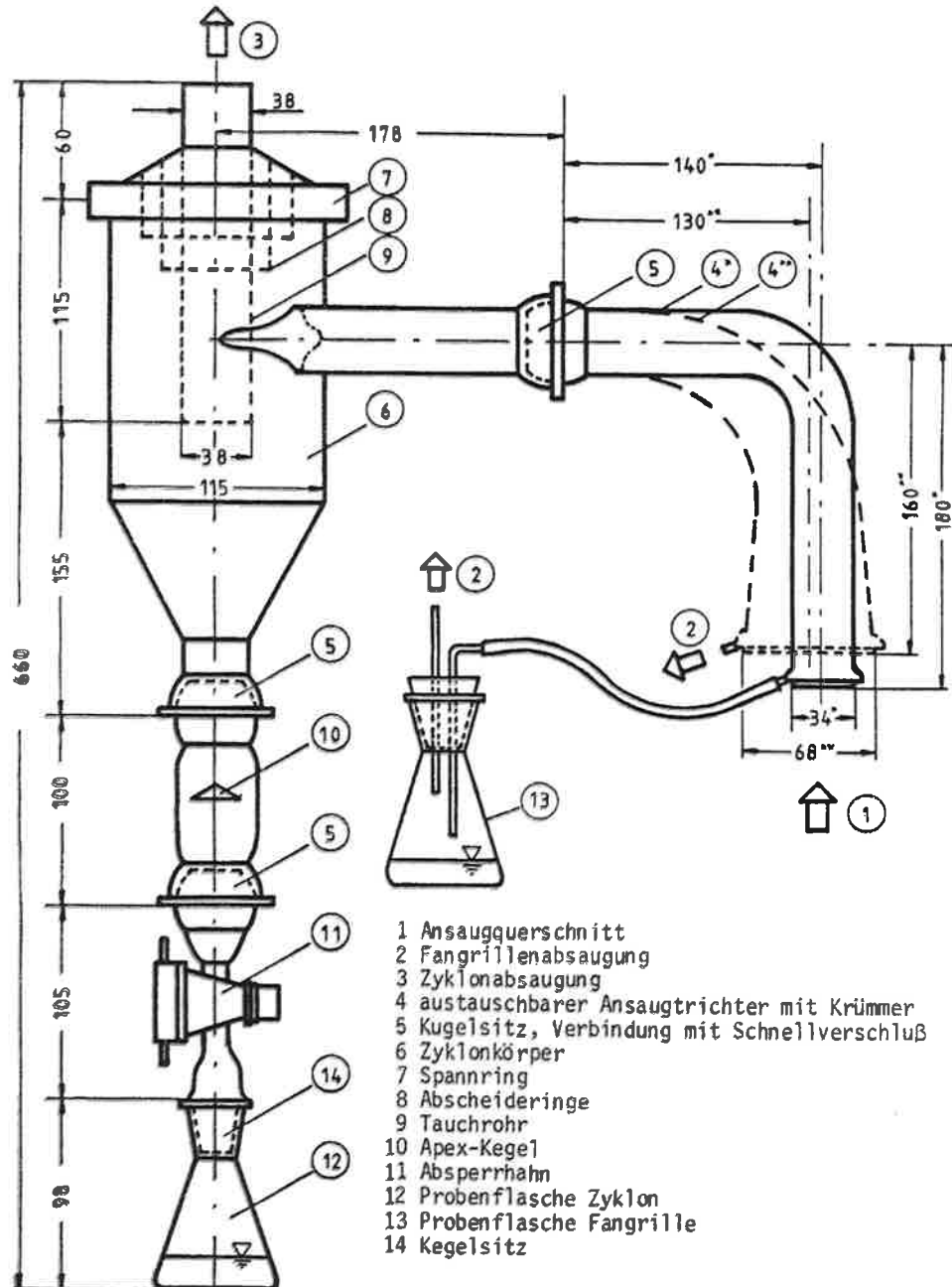


Bild 7: Modulares Zyklonabscheider-system der ESG.

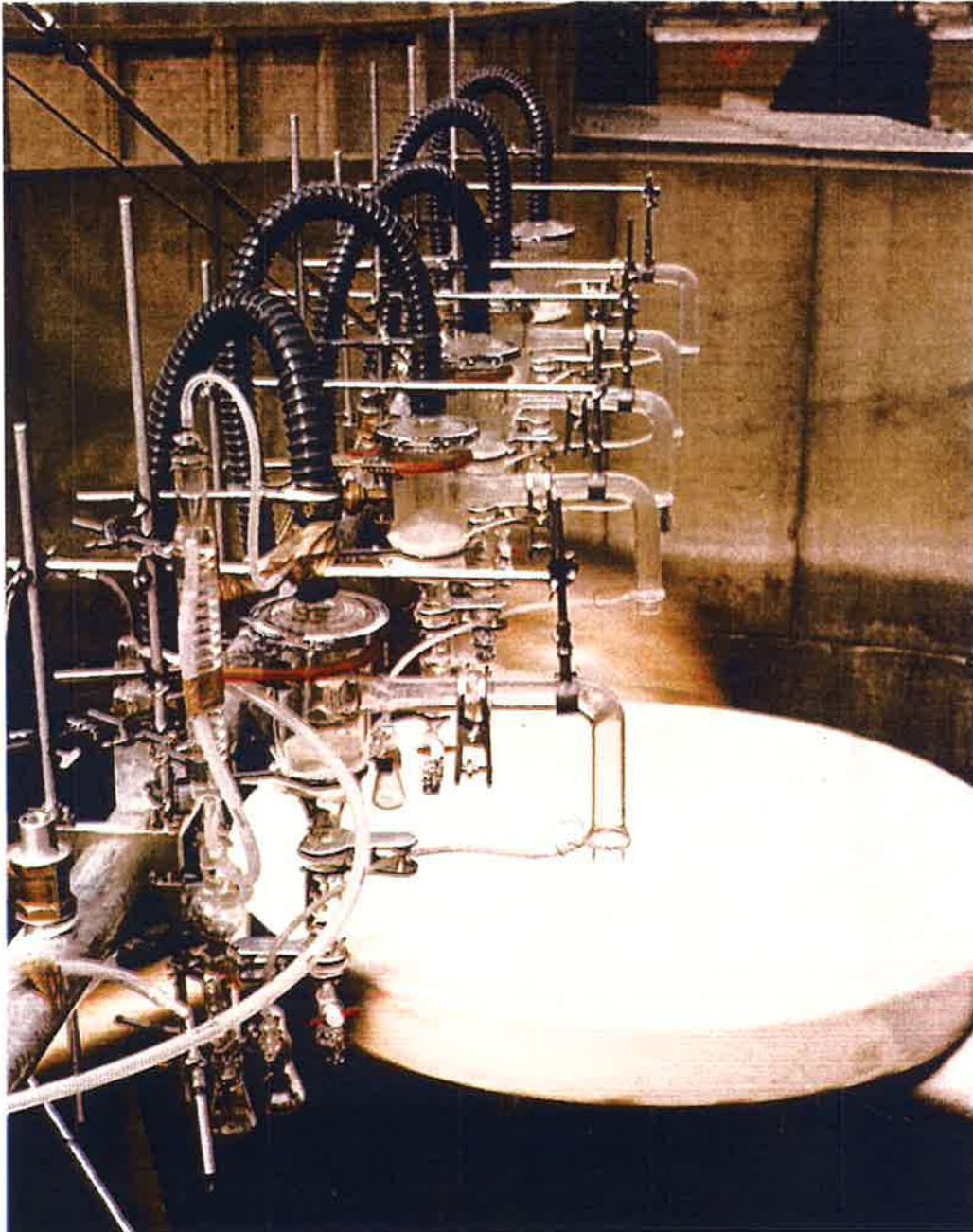


Bild 8: Anordnung von 5 Zyklonabscheidern am Austritt eines Ventilatorkühlturms.



Bild 9: System zur fraktionierten Probenahme von mitgerissenen Kühlwassertropfen und von Rekondensationstropfen.

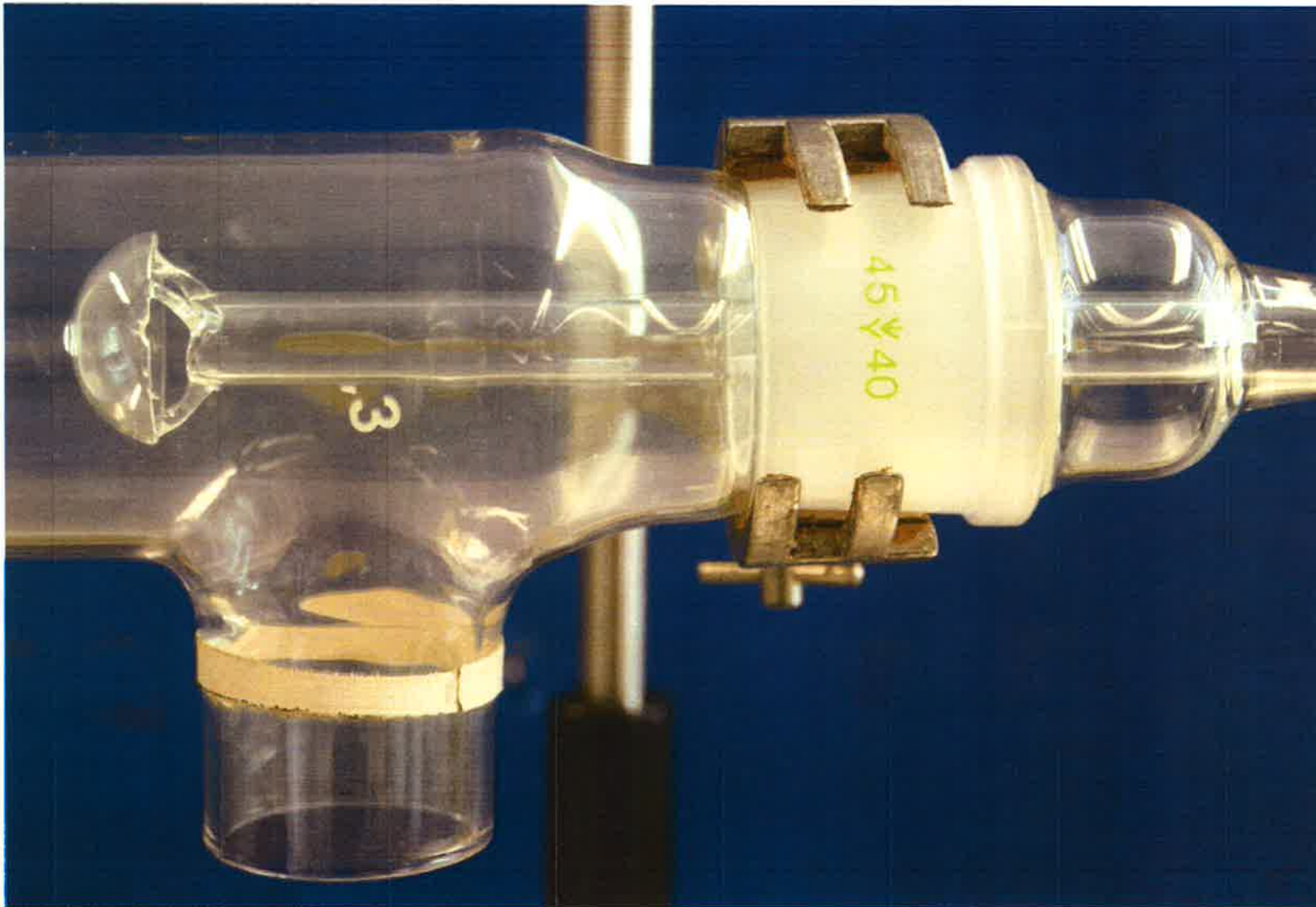


Bild 10: System zur fraktionierten Probenahme von mitgerissenen Kühlwassertropfen und von Rekondensationstropfen, Detailvergrößerung zu Bild 9.