

INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM

Wissenschaftlicher Film B 808/1960

**Verdampfungsvorgang bei selbsttätigem Umlauf
in senkrechten Rohren**

Begleitveröffentlichung von

Prof. Dr.-Ing. E. KIRSCHBAUM

Mit 1 Abbildung

GÖTTINGEN 1962

Der Film wurde aus Forschungsaufnahmen zur Veröffentlichung der Ergebnisse zusammengestellt
Länge der Kopie (16-mm-Stummfilm, schwarz-weiß): 107 m
Vorfuhrdauer: 10 Min. — Vorfuhrgeschwindigkeit: 24 B/s

Der Film wurde in den Jahren 1957 und 1959 aufgenommen und ist eine Veröffentlichung aus dem Institut für Apparatebau und Verfahrenstechnik der Technischen Hochschule Karlsruhe
Direktor: Prof. Dr.-Ing. habil. E. KIRSCHBAUM
und dem Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen
(Direktor: Dr.-Ing. G. WOLF)
Dr. G. BEKOW
Aufnahme: K. NOWICK

Verdampfungsvorgang bei selbsttätigem Umlauf in senkrechten Röhren

Im Rahmen einer Forschungsarbeit wurde der Verdampfungsvorgang an senkrechten Verdampferrohr bei selbsttätigem Umlauf untersucht. Die Versuche erstreckten sich auf verschiedene Rohrmaterialien (Glas, Kupfer, V2A) und verschiedene Versuchsflüssigkeiten (Wasser, Zuckerlösung). Die Normal- und Zeitdehneraufnahmen zeigen die Vorgänge in den wichtigsten Zonen längs des Rohres (Vorwärmzone, Verdampfungszone, Sprudelzone).

I. Allgemeine Vorbemerkungen

Die thermische Trennung von Gemischen und Lösungen durch Sieden in Verdampfern spielt bei der Gewinnung und Verarbeitung vieler Stoffe eine bedeutende Rolle. Bei der für die Aufnahmen dieses Films verwendeten Versuchsanlage wurde die in der Praxis im Vordergrund stehende Anordnung mit senkrechtem, seitlich an den Brüdenraum angeflanschem Heizkörper zugrunde gelegt. Im Gegensatz zur Praxis bestand der Heizkörper dabei jedoch nur aus jeweils einem Verdampferrohr; die so gefundenen Ergebnisse lassen sich aber auf vielrohrige Heizkörper übertragen, wie besondere Versuche gezeigt haben¹⁾.

Die Versuchsanlage enthält drei jeweils verschieden ausgeführte Versuchsrohre, die um einen Zentriwinkel von 120° gegeneinander versetzt, um den gemeinsamen Brüdenraum angeordnet sind. An zwei dieser Rohre wurden die gezeigten Aufnahmen durchgeführt.

Abb. 1 zeigt schematisch den Aufbau der Verdampferanlage mit den beiden Versuchsrohren, dem gemeinsamen Brüdenraum, dem Fallrohr und den beiden Flüssigkeitsstandrohren. Beim rechten Versuchsrohr bestehen sowohl Heizmantel als auch Verdampferrohr aus Jenaer Glas, wodurch eine gute Beobachtung der sich abspielenden Vorgänge möglich ist. Das Verdampferrohr hat hier einen Durchmesser von 30 mm und eine Länge von 2 m, der Heizmantel einen Durchmesser von 60 mm. Entsprechend der in der Praxis üblichen Anordnung, verdampft das Wasser im Kernrohr, während der Heißdampf im Ringraum kondensiert.

¹⁾ KIRSCHBAUM, E., Der Wärmeübergang im senkrechten Verdampfer. CIT (1954), S. 25—28.

Beim linken Versuchsrohr in Abb. 1 ist ein Heizrohr aus V2A-Stahl mit 48 mm Durchmesser und 2 m Länge eingebaut, während der Heizmantel mit 70 mm Durchmesser wieder aus Glas besteht. Um auch hier eine Beobachtung des Verdampfungsvorgangs zu ermöglichen, mußte eine andere Führung von Versuchsflüssigkeit und Heizdampf gewählt werden. Hier kondensiert der Heizdampf im Innern des Kernrohres, während das Wasser im äußeren Ringraum verdampft.

II. Erläuterungen zum Film

Verdampferrohr: Glas

Länge 2 m, Durchmesser 30 mm; Verdampfung von Wasser

Siedetemperatur 75° C; Heizdampftemperatur 110° C;

Scheinbarer Flüssigkeitsstand 75%¹⁾

Die siedende Flüssigkeit strömt im Kernrohr von unten nach oben, wobei die Flüssigkeitsförderung nach dem Mammutpumpenprinzip durch die gebildeten Dampfblasen bewirkt und so ein Selbstumlauf erzielt wird. Großen Einfluß auf den Selbstumlauf haben neben den Stoffwerten der Versuchsflüssigkeit der scheinbare Flüssigkeitsstand und das Temperaturgefälle zwischen Heizdampftemperatur und Siedetemperatur der Flüssigkeit.

Der Film zeigt, wie sich bei der Verdampfung von Wasser bei verschiedenen Siedetemperaturen die Dampfblasen im Rohr bilden und in welcher Weise das Flüssigkeits-Dampfgemisch nach oben strömt.

Vorwärmzone (20% Rohrhöhe)

In der untersten Zone des Rohres, der Vorwärmzone, bilden sich am Rohr Dampfblasen infolge der höheren Wandtemperatur; diese Dampfblasen kondensieren jedoch sofort wieder im kühleren Kern der Flüssigkeit. Die Zeitdehneraufnahmen zeigen diese sehr schnell ablaufende Bildung und Kondensation der Dampfblasen in der Anwärmzone. Dieser Teil des Films ist der wichtigste, da diese Erscheinung, die auf Grund von Temperaturmessungen am Verdampferrohr zuerst theoretisch vorausgesagt war, hier erstmals aufgenommen und sichtbar gemacht wurde. — Aufnahmefrequenz 750 B/s, d.h. ca. 30fache Zeitdehnung²⁾.

Verdampfungszone (40—50% Rohrhöhe)

Weiter nach oben schließt sich im Rohr eine Zone an, in der die an der Rohrwand gebildeten Dampfblasen nicht mehr kondensieren, sondern sich nach oben wandernd stetig vergrößern. Die Flüssigkeitstemperatur hat hier auch im Flüssigkeitskern die Siedetemperatur erreicht und zum Teil überschritten. — Aufnahmefrequenz 750 B/s.

¹⁾ Die *Kursiv*-Überschriften entsprechen den Zwischentiteln im Film.

²⁾ Bezogen auf die normale Vorführgeschwindigkeit von 24 B/s.

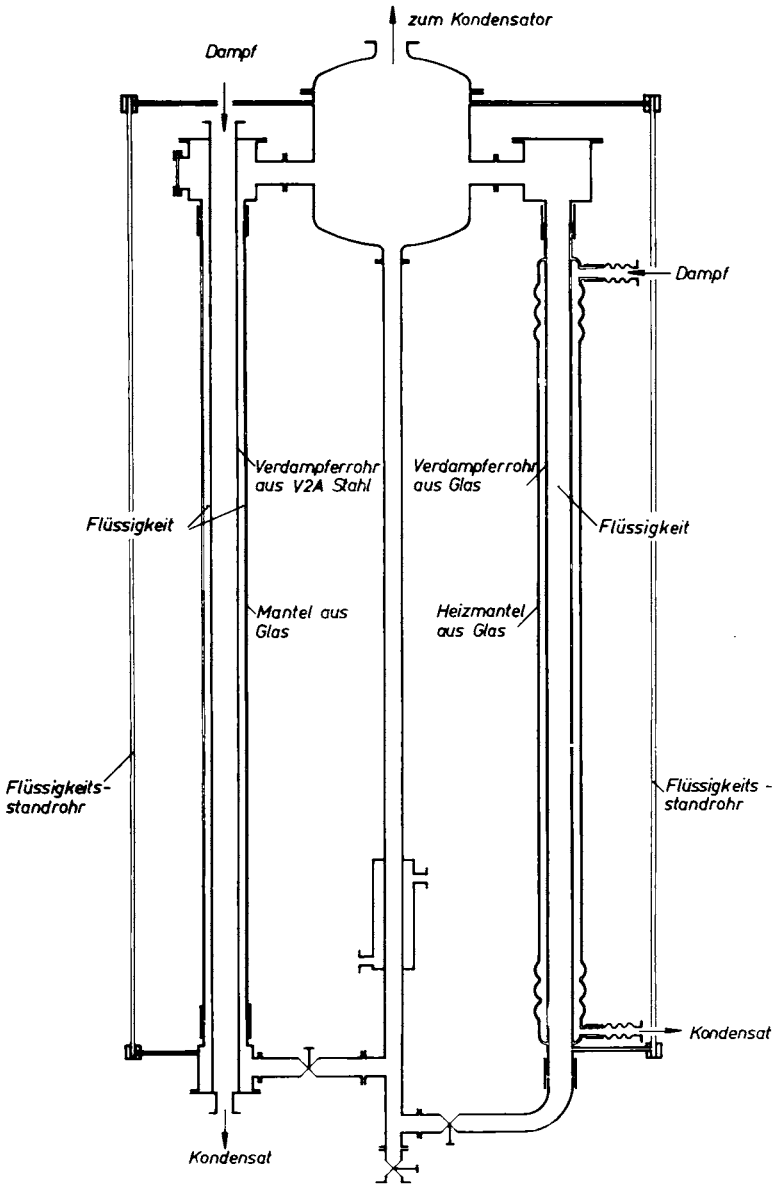


Abb. 1. Verdampferanlage mit zwei Versuchsröhren

Sprudelzone (70—80% Rohrhöhe)

Der Verdampfungszone schließt sich nach oben eine dritte, die Sprudelzone, an, die dadurch gekennzeichnet ist, daß Dampf und Flüssigkeit, ein Sprudel- oder Schaumgemisch bildend, nach oben strömen. — Aufnahmefrequenz 750 B/s.

Verdampferrohr: V2 A-Stahl; Verdampfung von Wasser

Siedetemperatur 100° C; Heizdampftemperatur 130° C;

Scheinbarer Flüssigkeitsstand 75%

Verdampfung von 30%iger Zuckerlösung

Siedetemperatur 100° C; Heizdampftemperatur 140° C;

Scheinbarer Flüssigkeitsstand 75%

Um die Dampfbildung auf der Metallfläche beobachten zu können, wurde in den beiden folgenden Versuchsreihen — Verdampfung von Wasser und Verdampfung von Zuckerlösung — die zu verdampfende Flüssigkeit im Ringraum geführt. Die im Film gezeigten Aufnahmen lassen sowohl für Wasser als auch für Zuckerlösung die gleiche Zonenverteilung und innerhalb der Zonen die gleichen Vorgänge erkennen wie beim Verdampferrohr aus Glas. Unterschiede zeigen sich bei der Eindickung von Zuckerlösung insofern, als hier die in der Verdampfungszone gebildeten Blasen sich nach oben hin nur wenig vergrößern und sich auch nicht, wie das bei Wasser der Fall ist, zu großen Blasen vereinigen. Der Film zeigt deutlich diesen Unterschied; bei Wasser sind im oberen Bereich der Verdampfungszone und darüber in der Sprudelzone Blasen verschiedener Größe vorhanden, die sich bei der Berührung vereinigen und so nach oben weiter wachsen: bei Zuckerlösung bleiben in denselben Bereichen die einzelnen Blasen erhalten, sie lagern sich zwar zusammen, vereinigen sich jedoch nicht. Weiterhin zeigt das Metallrohr eine Anzahl ausgezeichneter Stellen, die bei der Bildung der Dampfblasen bevorzugt werden. Diese Stellen, kleinste, vom Auge ohne besondere Vergrößerung nicht wahrnehmbare Unebenheiten, stellen Verdampfungskerne dar, an denen die Blasenbildung begünstigt ist. Im Film sind diese in Zeitdehneraufnahmen sichtbar gemacht, die deutlich die kontinuierliche Bildung der Blasen an diesen Stellen zeigen. — Aufnahmefrequenz 750 B/s, 1500 B/s und 2400 B/s.