











$$\beta = \frac{p_e(T)}{\sqrt{2\pi mkT}}$$

$\beta$  gibt die Zahl von Molekülen an, die im Phasengleichgewicht pro Sekunde auf einen Quadratmeter treffen, wobei  $p_e(T)$  der Gleichgewichtsdruck des Dampfes,  $m$  die Molekülmasse,  $k$  die Boltzmann Konstante und  $T$  die Kelvin Temperatur ist. Die Änderung des Radius mit der Zeit ergibt sich mit dem Volumen  $V$  eines Dampfmoleküls zu

$$\frac{dr}{dt} = \beta V$$

Mit Zahlenwerten für Wasser in unserem Zustandsbereich bekommen wir die Größenordnung von 10mm in 100ms. Dieses Resultat korreliert vernünftig mit der Blasenexpansion in Fig.3. Bei 80°C liegt das Ergebnis deutlich höher, weil  $p_e$  stärker eingeht als die Temperatur unter der Wurzel. Eine genauere Betrachtung muss das Ungleichgewicht und die Verdampfungswärme [Carey 1992] einbeziehen, was aber die Größenordnung nicht wesentlich beeinflusst.

Bei 80°C sieht man in Abb.4 links eine vehemente Tröpfchenzerlegung. Diese ist wahrscheinlich auf die zerstörende Wirkung von eingeschlossenen Bläschen zurück zu führen. Im rechten Bild gibt es kein spontanes Ereignis. Der Strahl verdampft an seiner Grenzfläche. Dadurch steigt die Umgebungsdichte, die wiederum eine Erweiterung des Strahls bedingt, wodurch die Verdampfung angeregt wird, u.s.w..

#### 4.Schluss

Es wurde ein Leitexperiment zur flash-Zerlegung von überhitzten bzw. übersättigten Wasserstrahlen vorgestellt. Entscheidend ist, dass die Strahlen in eine niedrige Dichte eintreten, so dass die aerodynamischen Einflüsse klein gegen die thermodynamischen sind. Man beobachtet sehr unterschiedliches Strahlverhalten bei gleichen Bedingungen. Bei 40°C gibt es einen vollkommen ungestörten Strahl sowie Forminstabilitäten als auch explosionsartiges Aufplatzen. Letzteres kann nur durch Blasenkeime erklärt werden, die wahrscheinlich in der Kapillarströmung durch Ausgasung entstehen.

Bei 80 °C zeigt sich entweder eine explosionsartige Zerlegung in Tröpfchen oder eine Verdampfung. Dieses Verhalten kann entweder durch vorhandene Blasenkeime oder eben durch nicht vorhandene erklärt werden. Welcher Vorgang auch für die Bläschenentstehung in Frage kommt, er ist sicherlich statistisch.

Was die Nutzbarkeit dieser Art der Strahlzerlegung angeht, so wäre es erforderlich die Bläschenentstehung zu kontrollieren und nicht dem Zufall zu überlassen. Weitere Untersuchungen sollten deshalb mit Hochgeschwindigkeitstechnik versuchen die Vorgänge in der Kapillare zu erfassen.

#### Referenzen

Carey, V. P. (1992): Liquid-vapor phase-change phenomena. An introduction to the thermophysics of vaporization and condensation processes in heat transfer equipment. Washington: Hemisphere Publishing Corporation.

Engelmeier,L. (2017) Flüssige, kohärente Kohlendioxidstrahlen zum Schneiden von Materialien in atmosphärischer Umgebung. Dissertation Ruhr-Universität Bochum, Shaker Verlag

Kitamura,Y.; Morimitsu,H.; Takahashi,T. (1986) Critical superheat for flashing of superheated liquid jets. In:*Industrial & Engineering Chemistry Fundamentals* 25 (2), 206–211

Lefebvre, A. H. (1989): Atomization and sprays. New York: Taylor & Francis.