

## Kontinuierliche Nebelkammer

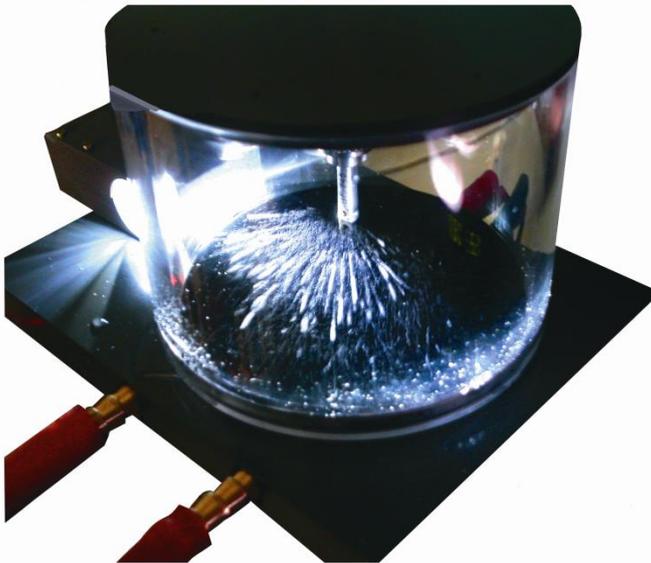


Abb. 1  $\alpha$ -Strahlung, ausgehend von einem Ra-226 Präparat



Abb. 2  $\alpha$ -Strahlung, ausgehend von einem Thorium-Glühstrumpf bzw. aus Umweltstrahlung

### Historie

Zur Zeit der Entdeckung der Radioaktivität existierten außer der Schwärzung von Photoplaten durch radioaktive Strahlen keine brauchbaren Anzeigemethoden für dieses neue Phänomen. Erst im Lauf der Zeit wurden neben Szintillatoren wie z.B. ZnS, Ionisationszählern ( Geiger - Müller ) und Expansionsnebelkammern entwickelt. Besonders letztere waren geeignet, das Verständnis für die neue Strahlungsart einem größeren Personenkreis nahe zu bringen. Der Nachteil der Expansionskammer, nämlich ihre schwierige Handhabung und die nur kurze Sichtbarkeit des Geschehens führte zur Entwicklung einer kontinuierlich arbeitenden Nebelkammer, die zudem leicht zu handhaben war.

### Physikalisches Prinzip

$\alpha$  ,  $\beta$  und  $\gamma$ - Strahlung, wie sie z. B. von  $^{226}\text{Ra}$  emittiert werden, lassen sich durch ihre ionisierende Wirkung in einer Nebelkammer nachweisen. Die Teilchen besitzen beim Zerfall von  $^{226}\text{Ra}$  eine beträchtliche Energie von mehreren MeV, die sie in die Lage versetzt, Gasmoleküle durch Stoss zu ionisieren. Sorgt man nun für eine übersättigte Atmosphäre aus Isopropanol oder Ethanol, bilden die durch Teilchenbeschuss gebildeten Ionen die Kondensationskeime für die Bildung von Nebel. Es entsteht längs der Bahn des radioaktiven Teilchens eine Nebelspur, analog einem Kondensstreifen eines in der Stratosphäre

fliegenden Jets. Dampfübersättigung kann durch Erzeugung eines Temperaturgefälles von oben nach unten in einem mit Alkoholdampf gefüllten Rezipienten bewirkt werden.

Üblicherweise ist die Temperatur des oberen Rezipientenbereiches Zimmertemperatur (hier bildet sich noch keine Übersättigung aus). Die untere Rezipientenregion wird stark abgekühlt, so dass sich innerhalb des Temperaturgefälles ein Übersättigungsbereich, in dem sich ein radioaktives Teilchen über seine Nebelspur verrät, ausbildet. Es braucht nicht mehr expandiert zu werden, der Vorgang ist permanent im Gange, solange genügend Alkohol zur Verfügung steht. Eine lichtstarke seitliche Beleuchtung kann diesen Vorgang auch einer größeren Personengruppe sichtbar machen.

### Allgemeine Beschreibung



Rezipient

Hochleistungs-LED-  
BeleuchtungGrundplatte mit Peltierelement und  
WasserkühlungDeckel mit Speicher für  
Isopropanol (75%-90%)

Abb. 1 Komponenten der Nebelkammer

### Lieferumfang

- ✓ Grundplatte mit Peltierelement und Wärmetauscher
- ✓ Aufsteckbare Hochleistungs-LED-Beleuchtung mit eingebautem Gebläse
- ✓ Plexiglasrezipient
- ✓ Deckel mit Speicher für Isopropanol
- ✓ Stativaufnahme 12mm x 120mm (ohne Abbildung)

Die Nebelkammer 1009040 ist in Kompaktbauweise auf einer Grundplatte aus eloxiertem Aluminium aufgebaut. Die Platte hat eine Größe von 125 x 125 mm<sup>2</sup> mit einer seitlich aufsteckbaren LED Beleuchtung. In ihrem Innern befindet sich ein Wärmetauscher, der mit Leitungswasser ( ca. 2 Liter/min ) betrieben, für die Kühlung der warmen Seite eines Peltierelements sorgt. Die notwendige Betriebstemperatur von - 32 °C auf einer geschwärtzten Alu – Kühlplatte wird an der kalten Seite des Peltierelements erzeugt. Die tiefstmögliche Temperatur dieser Platte hängt von der Wassertemperatur ab, wobei die Wassertemperatur für eine Sichtbarmachung der Ionisationsspuren unter 20°C sein muss

(Optimale Ergebnisse zeigen sich bei Wassertemperaturen zwischen 14°C und 18°C) Hier werden Oberflächentemperaturen auf der kalten Peltier-Seite von bis zu -34°C erreicht. Die Wassertemperatur kann mit einem Einsteckthermometer, das seitlich in den Wärmetauscher gesteckt wird, überprüft werden. Innerhalb des Plexiglasrezipienten werden die Spuren radioaktiver Teilchen beobachtet. Sein Innendurchmesser und seine Bauhöhe von je 100 mm erlauben einen bequemen Seiteneinblick auf die schwarze Kühlplatte, auf der die Ionisationsspuren kontrastreich erscheinen.

### Hinweis

Die Nebelkammer ist unter Verwendung der mitgelieferten Stativhalterung in einem stabilen Stativfuß (nicht im Lieferumfang) aufzustellen. Es ist darauf zu achten, dass die Schläuche zur Wasserkühlung und die Kabel zur Spannungsversorgung so verlegt werden, dass Schüler beim Vorbeigehen nicht am Versuchsaufbau hängen bleiben.

### Beleuchtung und Kühlung

Die spezielle Hochleistungs-LED-Beleuchtung wird seitlich eingesteckt und wird somit über das Netzgerät zur Versorgung des Kühlelementes mitversorgt. Der Plexiglasrezipient passt genau über die Alu – Platte und steht auf der Grundplatte. Ein Temperaturfühler (nicht im Lieferumfang) lässt sich nach Anheben des Rezipienten in das seitliche Loch der Kühlplatte stecken, so kann, falls erforderlich die Temperatur der Kühlplatte bestimmt werden.

### Einfüllen von Isopropanol

Die Unterseite des Rezipienten – Deckels enthält eine Filzplatte, die mit 5 ml Isopropanol oder Ethanol getränkt wird (Abb. 2). Verwenden Sie kein reines Isopropanol, sondern **90% bis 75% Alkohol**. **Der Wasseranteil setzt die Kondensationsfreudigkeit herauf**. Ein zu hoher Anteil von Wasser bewirkt ein rasches Vereisen der Grundplatte bzw. des Präparates. Bei reinem Alkohol ist ein zuverlässiger Betrieb nicht gewährleistet.



Abb. 2  
Auftragen von Isopropanol oder Ethanol auf den  
Filz im Deckel des Rezipienten

### Hinweis

Im Umgang mit Isopropanol oder Ethanol ist darauf zu achten, dass sich kein offenes Licht oder Zündfunken in der Nähe befinden. Bunsenbrenner oder Heiplatten dürfen in der Umgebung nicht betrieben werden. Ebenso darf nicht geraucht werden. Es ist zu beachten, dass sich auch nach Beendigung des Versuches Alkoholdämpfe durch Reste von Isopropanol oder Ethanol im Deckelfilz entstehen können. Es ist auf gute Lüftung des Raumes während und nach dem Versuch zu achten.

Ein passendes 226 Ra Präparat ( Strahlerstift 1009018 ) kann von unten in die Grundplatte geschraubt werden, so dass seine Strahlungsffnung auf der Oberseite der Platte zur Kammermitte weist (Abb. 3).



Abb. 3 Einbringen eines Strahlerstiftes in die Nebelkammer



Nach Aufsetzen des Deckels und Anlegen der Betriebsspannung von 12..15V können bei hinreichend kaltem Wasserdurchfluss und einer Khlplattentemperatur von unter  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  nach ca. 5 Minuten Spuren radioaktiver Teilchen aus dem Präparat im Rezipienten beobachtet werden. Der Vorgang ist so lange zu sehen, wie sich Alkohol im Deckelfilz befindet. Durch das große Temperaturgefälle zwischen oben und unten wirkt die Aluplatte als Kryopumpe und der Filz trocknet aus. Abermaliges Tränken mit Alkohol setzt die Darstellung fort.

### Inbetriebnahme der kontinuierlichen Nebelkammer

Folgende Geräte werden benötigt bzw. Vorbereitungen sind zu treffen

1. **geregeltes Netzgerät 0...15 V, 0...10 A mit *geglätteter(!) Gleichspannung***. Ein einfacher Regeltrafo mit Gleichrichtung reicht nicht aus. Mit einer Autobatterie 12 Volt kann die Nebelkammer ebenfalls betrieben werden.
2. **Kaltwasseranschluss** mit ca. 2 Liter / Minute Durchfluss. Die Wassertemperatur sollte  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  nicht übersteigen. In Schulen sind die Wasserrohre üblicherweise sehr lang, und es kommt nach dem Aufdrehen zunächst nur lauwarmes Wasser. Lässt man jedoch das Wasser einige Zeit laufen, kühlt es auf die gewünschte Temperatur ab.

3. Bereiten Sie den Klassenraum so vor, das Sie ihn verdunkeln können falls erforderlich.
4. **Stativfuß** mit Mittenloch mindestens  $\varnothing$  12 mm.
5. **Radioaktives Präparat.** Am leichtesten zu handhaben ist der Strahlerstift CL 09018 aus 226 Radium mit der völlig unschädlichen Emission von 3.7 kBq. Für diesen Strahlerstift ist die Nebelkammer mit einer Einschraubvorrichtung vorbereitet. Es kann auch ein beliebiges anderes radioaktive Präparat auf den Kammerboden gelegt werden (z.B. Thorium-Glühstrumpf oder natürliche strahlende Präparate wie radioaktives Gestein etc.). Ohne ein radioaktives Präparat können Ionisationsspuren der nat. Radioaktivität aus der Umwelt sichtbar gemacht werden (ca. 20-30 Zerfallserscheinungen pro Minute)

Schrauben Sie den Metallstift mit M6 x 10 Gewinde in die Unterseite der Nebelkammer in das dafür vorgesehene Gewindeloch und stellen Sie die Kammer auf einen stabilen Dreifuß. An den Seitenkanten der Grundplatte finden sich folgende Bauteile:

1. Seite rote Warn - LED und Bohrung für die Messung der Wassertemperatur  
Diese Seite sollte dem Beobachter zugewandt sein ( Abb. 4 )



Abb. 4 Warn LED (Überhitzungsschutz) und Bohrung für die Temperatur Messung

#### Hinweis

Wenn die LED aufleuchtet muss die Spannungszufuhr unterbrochen werden. Nach Abkühlen der warmen Seite des Peltier-Elementes auf ca. 36°C schaltet der Thermoschalter wieder ein.

2. Seite Rechts von der 1. Seite sind die Buchsen für die Betriebsspannung von 12...15 Volt. Die Polung ist + rot, - schwarz. Die Kammer hat einen Verpolungsschutz, so dass bei Falschpolung nichts passieren kann (Abb. 5) Hier schließen Sie das Netzgerät an.



Abb. 5 Anschlüsse für die Versorgungsspannung von 12-15V / 8A

#### Hinweis

Bei Betrieb der Nebelkammer wird die Platte im Rezipienten bis minus 36°C kalt. Ein Berühren kann unter Umständen zu Festfrieren führen. Deshalb nach Abklemmen der Betriebsspannung ca. 5 Minuten warten, bevor die Platte gereinigt wird. Mit einem Haarföhn kann die Platte ggf. schnell auf Zimmertemperatur gebracht werden.

3. Seite Der ersten Seite hinten gegenüber findet man 2 eingelassene Buchsen, in die das LED – Lampenhaus eingesteckt werden kann. Stecken Sie das Lampenhaus so, dass das Licht über die schwarze Alu – Platte leuchten kann. Auch hier gibt es einen Verpolungsschutz (Abb. 6)



Abb. 6 Anschlüsse für die steckbare LED-Beleuchtung

#### Hinweis

**Bitte achten Sie darauf, niemals die Buchsen für die LED-Beleuchtung und die Versorgungsspannung zu verwechseln. Die Zerstörung des in der Nebelkammer eingebauten Festspannungsreglers ist die Folge !**

4. Seite Links von der Frontseite ist der Wasseranschluss für  $\varnothing 10$  mm drucklosen Gummi –oder Plastikschlauch, der überall in Schulen ( in der Chemie ) zu finden ist (Abb. 7) Eine Seite wird mit dem Wasserzulauf verbunden, die andere Seite bildet der Wasserablauf. Das kalte Wasser bildet nur ein Rinnsal mit höchstens 2 Liter/min. Die Wassertemperatur ist entscheidend, nicht die Menge.



Abb. 7 Anschlüsse für den Kühlwasserkreislauf

**Stecken Sie das Lampenhaus in die** dafür vorgesehenen **Buchsen** (Abb. 6)

**Schließen Sie das Kühlwasser an** und lassen es laufen, ggf. auch längere Zeit, bis das Wasser genügend kalt ist.

**Versehen Sie das Innere der Kammer mit einem radioaktiven Präparat** indem Sie die kleine geriffelte Schutzkappe abschrauben. Der Strahlerstift 10 09018 lässt sich von der Unterseite der Grundplatte in die Alu – Kühlplatte so schrauben, so dass seine Emission zur Plattenmitte weist. Andere Präparate wie z. B. Glühstrümpfe, radioaktives Gestein, Zifferblätter von alten Uhren werden einfach an den Rand der Alu – Kühlplatte gelegt.

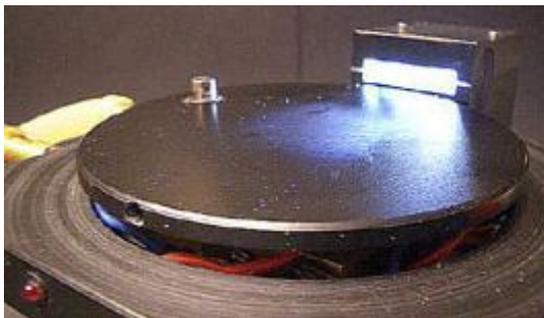


Abb. 8 mit radioaktivem Präparat vorbereitete Nebelkammer

**Setzen Sie den Rezipienten so auf die Grundplatte**, dass sich die Seitenbohrung des Rezipienten und die Seitenbohrung der Aluplatte decken. Beide Bohrungen befinden sich auf Seite 1 der Grundplatte, weisen also zum Beobachter hin.

Stecken Sie ggf. ein Temperaturmessgerät durch beide Löcher.

**Tränken Sie den Deckelfilz mit ca. 5 ccm Ethanol** oder besser Isopropanol (Abb. 2) und setzen ihn oben so auf, dass sich der Filz im Innern der Kammer befindet. Der Filz sollte so viel Alkohol enthalten, dass gerade nichts herunter tropft.

**Die Nebelkammer ist nun betriebsbereit.** Schalten Sie das Netzgerät ein und regeln Sie langsam die Betriebsspannung auf den Sollwert von 15 Volt, es fließen ca. 8 Amp. Ab ca. 7 Volt arbeitet die LED – Leuchte und sendet ein Strahlenbündel weißen Lichtes über die Alu – Kühlplatte. Der Beobachter blickt diesem Licht entgegen.

### **Beobachtung von Ionisationsspuren in der kontinuierlichen Nebelkammer**

Ein in die Alukühlplatte gestecktes Thermometer zeigt jetzt eine rapide fallende Plattentemperatur an. Ab – 10 °C bilden sich diffuse Nebel über dem Kammerboden , die anzeigen, dass Alkohol im Deckelfilz ist, der nun über der Platte kondensiert.

**Weiterer Temperaturabfall bis – 34 °C sorgt nach 5 ... 10 Minuten für die Übersättigung** der Atmosphäre, und **die ersten gerichteten Nebelspuren werden sichtbar**. Sie gehen strahlenförmig vom Präparat aus und zeigen das Vorhandensein radioaktiver Strahlung an.

Nach einiger Zeit ist die Kammer mit Nebelspuren gefüllt.

Ein ringförmig auftretender Feuchtigkeitsniederschlag außen am Rezipienten stört nicht weiter, er wird weitestgehend durch ein in der LED-Leuchte integriertes Gebläse entfernt.

Solange genügend Alkohol im Deckelfilz ist, sind Nebelspuren zu sehen. Dies ist bei 5ml Isopropanol ca. für 1 Stunde der Fall.

### **„Tricks“**

Durch Ionenüberschuss in der Kammer können die Nebelspuren unscharf und verwaschen werden. Hier hilft ein leichtes Abreiben des Plexiglasrezipienten mit einem trockenen weichen Tuch oder Katzenfell, die so entstehende Reibungselektrizität entfernt den Ionenüberschuss. Kondensation von Feuchtigkeit und Vereisung im unteren Bereich des Rezipienten kann man mit einem Warmluftfön leicht entfernen und dadurch wieder den alten Bildkontrast herstellen.

### **Achtung**

Substanzen, die geeignet sind die Oberflächenspannung von Flüssigkeiten herabzusetzen, können die Ausbildung von Nebelspuren empfindlich stören.

**Vermeiden Sie daher jeden Kontakt der Kammer mit Seifenlösungen insbesondere bei Reinigungsarbeiten.**

### Außerbetriebnahme der kontinuierlichen Nebelkammer

- Zuerst wird das Netzgerät mit seiner Ausgangsspannung heruntergeregt und anschließend ausgeschaltet, die Messleitungen werden entfernt.
- Anschließend wird die Kühlwasserzufuhr abgedreht.
- Ggf. einen Temperaturfühler entfernen
- Deckel des Rezipienten abnehmen und zum Trocknen aufstellen.
- Rezipient abnehmen und mit einem weichen, saugfähigen Tuch trocknen. (**Hinweis:** es sollen keine Reste von Alkohol am Rezipient verbleiben, da dieser sonst Mikrorisse bekommen kann und stumpf wird.)
- LED-Beleuchtung abziehen.
- Radioaktives Präparat entnehmen, sicher verwahren und ggf. Abdeckkappe von unten einschrauben.
- Alu-Platte abtrocknen (**Tip:** mit einem Haarföhn lässt sich die Platte schnell auf Zimmertemperatur bringen !)

#### Hinweis

**Da die Platte bis  $-34^{\circ}\text{C}$  kalt sein kann, kein Wassergetränktes Tuch benutzen, da dieses unter Umständen sofort festfriert. Sollte dies passieren, Platte erwärmen lassen (ggf. mit einem Haarföhn erwärmen) und anschließend Papierreste entfernen. Kein Spülmittel oder andere Oberflächenbenetzende Mittel verwenden**

- Wasserschläuche abziehen, und Wasserkühler ausblasen.

### Technische Daten

Spannungsversorgung :	stabilisiertes Netzgerät 12 ... 16 Volt DC, 6 ... 8 Ampere
Wasserkühlung :	ca. 2 Liter/min
Beleuchtung	aufsteckbare Hochleistungs LED Spaltbeleuchtung (Raumlicht dimmen )
Dampfbildung:	den Deckelfilz mit 5 ml Isopropanol oder Ethanol durchfeuchten
Temperaturmessung :	Wasser : Einsteckfühler in seitliche Öffnung des Wärmetauschers Kühlplatte : Einsteckfühler in seitliche Öffnung von Rezipient und Kühlplatte
Betriebstemperatur :	Wasser : $14^{\circ}\text{C}$ ... $-20^{\circ}\text{C}$ Kühler : $-29^{\circ}\text{C}$ ... $-34^{\circ}\text{C}$
Betriebszeit :	Nach Vorbereitung und Einschalten ca. 5-10 Minuten Wartezeit.

Der Vorgang ist ca. 1 Stunde zu sehen ehe Alkohol nachgefüllt werden muss

**Sicherung :** Die Kammer ist gegen Verpolung gesichert, bei Betrieb ohne Kühlwasser wird die Kammer automatisch bei 65 °C Wärmetauscher-Temperatur abgeschaltet und schaltet sich bei 35 °C wieder ein (Bimetallschalter)

**Pflege :** Die Grundplatte und Kühler mit saugfähigem Tuch abwischen, Rezipient nach Gebrauch trocknen gegebenenfalls mit Plexiglaspolitur klar polieren.

**Wichtig:** **Der Innenraum der Nebelkammer (Platte und Rezipient) müssen fett- und seifenfrei sein, ggf. mit einem entfettenden Mittel – kein Spülmittel verwenden – reinigen.**

**Vorsicht :** **Der Rezipient darf nach Gebrauch nicht längere Zeit unter Alkohol stehen bleiben, da sonst Mikrorisse im Plexiglas entstehen.**

#### Wenn mal was nicht funktioniert

##### Fehler / Symptom

1. Nach dem Einschalten der Kammer tut sich auch nach längerer Wartezeit nichts.

##### mögliche Ursache und Behebung

Falsches Netzgerät oder Netzgerät nicht richtig angeschlossen.

Liefert das Netzgerät 16 Volt bei mindestens 8 Amp ?

Es gibt einen Verpolungsschutz. Überprüfen Sie die Polung: rot ist + schwarz ist –

Am Netzgerät sollte bei vorsichtigem Hochdrehen der Spannung ein Strom fließen.

##### *Erweiterte Fehlerdiagnose:*

Schalten Sie in den Hauptstromkreis ein DC – Amperemeter

Es sollte ein Strom von mehreren Ampere fließen wenn die Spannung hochgedreht wird.

2. Die LED Beleuchtung funktioniert nicht

Prüfung wie unter Punkt 1

Steckt das Lampenhaus richtig in den zugehörigen Buchsen auf der Rückseite der Grundplatte ? Die Lichtemission erfolgt oben über die Alukühlplatte.

*Erweiterte Fehlerdiagnose:*

Drehen Sie die Grundplatte so herum, dass die Rückseite vorne ist. Die versenkten Buchsen weisen jetzt zu Ihnen hin, rechts ist + Messen Sie mit einem DC – Voltmeter die Lampenspannung, sie muss 5 Volt betragen (Abb. 6).

*Erweiterte Fehlerdiagnose:*

Schließen Sie an das abgezogene - Lampen haus 5 Volt an: links ist +, das Licht sollte Ihnen jetzt entgegen leuchten.

3. Nach einiger Zeit geht die Warn -

Kein oder zu wenig Kühlwasser. Im Innern LED an und es fließt kein Strom der Grundplatte ist ein Sicherheitstemperatur (Abb. 4) peraturschalter, der bei 65 °C auslöst. Entweder eine Stunde warten bis die Innentemperatur wieder unter 35 °C gefallen ist, oder durch Zufluss von kaltem Wasser nachhelfen.

Wassertemperatur ( Vorderseite ) messen.

Sie sollte weniger als 20 °C betragen.

4. Es bilden sich keine Nebelspuren

kann mehrere Ursachen haben:

a) kein radioaktives Präparat. Stellen Sie sicher, dass ein radioaktives Prä parat in der Kammer ist, stellen Sie ggf. mit einem Geigerzähler sicher, dass das Präparat auch wirklich radioaktiv strahlt.

b) Temperatur nicht tief genug. Die Temperatur der Aluplatte soll –32 °C sein. Dies wird bei einer Wassertemperatur von unter 20 °C und einem Peltierstrom von ca. 8 Amp. erreicht. Weitere Prüfung wie unter Punkt 1. **Überprüfen Sie, ob das verwendete Netzgerät eine geglättete Gleichspannung liefert (bei Unsicherheit mit einem Oszilloskop prüfen!).** Eine lediglich gleichgerichtete Wechselspannung bedingt eine Wirkungsgradverschlechterung des Peltierelementes um bis zu 70%.

- c) zu wenig oder kein Isopropanol. Prüfen Sie den Deckelfilz. Er sollte gut mit Alkohol durchfeuchtet bis nass sein. Statt Isopropanol geht auch gereinigtes Ethanol.  
Ein Indiz für beginnenden Betrieb ist die diffuse Nebelbildung bevor Spuren erscheinen.
- d) Seifenreste verhindern wirksam die Ausbildung einer übersättigungszone.  
Nebelkammer ausschalten und aufwärmen lassen. Rezipient und Deckel ohne Filz mit lauwarmem Wasser reinigen. Filz trocknen, auswaschen (ohne Seife!) wieder trocknen.  
Die eloxierte Aluplatte speichert Verunreinigungen besonders hartnäckig. Spalt zwischen Aluplatte und Grundplatte tamponieren, Aluplatte mehrmals mit lauwarmem Wasser spülen, trocknen, anschließend mit Alkohol oder gereinigtem Acteton reinigen. Bitte verwenden Sie keine handelsüblichen Küchentücher aus Papier, da diese oft mit entspannenden Mitteln imprägniert sind um die aufgähigkeit heraufzusetzen. Nehmen Sie am besten ein weichspülerfrei gewaschenes sauberes Geschirrtuch.

Hinweis:

Abweichungen in den Abbildungen, bedingt durch eine stetige Weiterentwicklung unserer Geräte sind möglich. Für Anregungen und Verbesserungen von Ihnen freuen wir uns.