II. Zur Frage über die Zulässigkeit von Vorwärmevorrichtungen in Dampfsterilisatoren.¹⁾

Von Dr. Richard Beckmann in Lodz (Russ.-Polen).

In No. 2 der Münchener medizinischen Wochenschrift 1901 liefert E. Braatz einen Beitrag zur Dampfdesinfektionslehre in der Chirurgie. Nachdem er den schon im Beginn des verflossenen Decenniums von

¹⁾ Das Manuskript zu dieser Arbeit ist bei der Redaktion am 31. Oktober 1901 eingegangen.

ihm betonten Gegensatz zwischen seinen und den Schimmelbusch'schen Anschauungen über die Valenz der Vorwärmung von Verbandstoffen hervorgehoben hat, erinnert er daran, dass er schon damals die Apparate mit Vorwärmvorrichtungen als fehlerhafte verwarf. Angeregt durch Rubner's Arbeit „Zur Theorie der Dampfdesinfektion“ (Hygienische Rundschau, August 1898 und April 1899), die höchst interessante Versuche über das Verhalten der Temperatur von im Exsiccator getrockneten Objekten enthält, die darauf der Einwirkung von Wasserdampf bei Siedetemperatur ausgesetzt werden, stellte Braatz ähnliche Versuche an und konnte ebenfalls in einer Reihe von Beobachtungen die sehr bemerkenswerthe Erscheinung bestätigen, dass im Trockenschrank nicht über 100° C vorgewärmtes Verbandmaterial und Wolle unter dem Einfluss von gesättigtem 100° Wasserdampf Temperatursteigerungen von 122–130° C zeigen. Da ferner Temperaturen über 100° C unter Ausschluss von Ueberdruck nur überhitzten Dämpfen zukommen, die, wie schon Ervin v. Esmarch und neuerdings Rubner nachgewiesen haben, eine bedeutend geringere Desinfektionskraft, als gesättigter 100° C Wasserdampf besitzen, sieht sich Braatz zu der Erklärung veranlasst, dass die seit einem Decennium allgemein geltende Ansicht von der Zulässigkeit oder gar Vorzüglichkeit der Vorwärmung eine unrichtige, durch nichts gestützte Annahme sei und daher ein Umschwung in der üblichen chirurgischen Desinfektionspraxis bevorstehe und zwar in dem Sinne, dass Apparate, wie der so verbreitete Lautenschläger'sche und ähnliche, die eine Vorwärmung, wenn auch nur der peripheren Schichten des Verbandmaterials ermöglichen, durch solche ersetzt werden sollen, die die Möglichkeit einer Vorwärmung völlig ausschliessen.

Trotz dieser scheinbar unanfechtbaren Auseinandersetzung erschien mir der in derselben enthaltene prognostische Ausspruch dennoch nicht ganz einwandfrei und zwar konnte ich mich der Braatz'schen Anschauung über die Uebertragbarkeit seiner Versuchsergebnisse auf die Vorgänge in den von ihm perhorreszierten Sterilisationsapparaten mit Vorwärmvorrichtungen nicht ohne weiteres anschliessen. In letzteren wird nämlich das Verbandmaterial in ganz anderer Weise vorgewärmt, als in den Trockenöfen, die von Rubner und Braatz bei ihren Versuchen angewandt wurden. Der Unterschied zwischen diesen Trockenöfen und der Lautenschläger'schen Vorwärmvorrichtung, gegen die sich erwähntes abfälliges Urtheil in erster Linie richtet, ist aber ganz unverkennbar. Der Vorwärmungsmodus schien mir insofern von wesentlicher Bedeutung zu sein, als bei der Erwärmung im Trockenofen der Wassergehalt der Objekte bekanntlich abnimmt, während in allen sogenannten concentrischen Dampfsterilisatoren (Lautenschläger und ähnliche) die Vorwärmung mit einer Feuchtigkeitszunahme des zu sterilisirenden Verbandmaterials Hand in Hand geht, da letzteres in ungehinderter Kommunikation mit dem Dampftraum steht, dessen Feuchtigkeitsgehalt mit steigender Wassertemperatur stetig zunimmt. Daraus folgt, dass in dem Moment, wenn das Wasser zu kochen beginnt, der Feuchtigkeitsgehalt der im Sterilisator vorgewärmten Verbandstoffe ein bedeutend grösserer sein muss, als wenn wir dieselben vor dem Eintritt des gesättigten 100° Wasserdampfes längere Zeit im Trockenofen höher temperirten Luftströmungen von relativ sehr geringem Feuchtigkeitsgehalt ausgesetzt hätten. In Beachtung der Erklärung Rubner's, dass die Erwärmung der Verbandstoffe durch Wasserdampf in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle durch hygroskopische Wasserbildung bedingt wird, muss aber der Beurtheilung des zu erwartenden Erwärmungsgrades durch hinzutretenden 100° Wasserdampf die Menge des im Verbandmaterial schon condensirten Wasserdampfes, von der die noch mögliche hygroskopische Wasserbildung hauptsächlich abhängt, zu Grunde gelegt werden. Bedenken gegen die Braatz'sche Behauptung dürften auch darin ihre Stütze finden, dass bei der Prüfung von Dampfsterilisationsapparaten auf ihre Leistungsfähigkeit stets Temperaturmessungen vorgenommen wurden und werden, trotzdem aber, so viel mir bekannt ist, bei Anwendung von 100° Wasserdampf Temperaturen von 120–130° C im Verbandmaterial nie beobachtet wurden. Die Thatsache, dass unter genannten Verhältnissen Temperatursteigerungen bis 105° C bisweilen vorkommen, ist allerdings schon in den 80er Jahren von Budde (Zeitschrift für Hygiene Bd. VII, Heft 3) verzeichnet und als durch Condensation des Dampfes bedingt, erklärt worden. Ob es sich aber selbst in diesen Fällen wirklich um durch hygroskopische Wasserbildung bedingte Uebertemperaturen gehandelt hat, erscheint auch zweifelhaft, da wir in der angeführten Quelle Angaben über vergleichende Wärmeverhältnisse im Verbandmaterial und Dampftraum vermissen; es dünkt mir wahrscheinlicher, dass hier die höheren Temperaturen durch vermehrten Dampfdruck hervorgerufen waren.

Um der berührten Frage näherzutreten, deren Entscheidung für die Berechtigung der in vielen Sterilisatoren stattfindenden Vorwärmung von weiträumiger Bedeutung ist, beschloss ich, eine Reihe von Versuchen anzustellen, von denen ich Aufklärung darüber erwartete, in welchem Grade die Art des Vorwärmens die Temperaturverhältnisse im Verbandmaterial unter dem Einflusse von 100° C Wasserdampf beeinflusst. Abweichend von Rubner und Braatz suchte ich daher auch den Verhältnissen Rechnung zu tragen, durch welche sich die Dampfsterilisation im Lautenschläger'schen und in ähnlichen Apparaten

wesentlich vom Experiment im Trockenschrank unterscheidet. Sämmtliche Versuche wurden in der Zeit vom 2. April bis zum 23. August 1901 ausgeführt.

Vor allen Dingen liess ich es mir nicht nehmen, die erwähnte, höchst interessante Erscheinung der Temperatursteigerung weit über 100° C in vorgewärmtem Verbandmaterial unter dem Einflusse von 100° C Wasserdampf zu beobachten; auch den klassischen Versuch Rubner's mit Wolle und Kochtopf unterzog ich einer Nachprüfung — beides mit gleichem positiven Resultat.

Den Braatz'schen Versuch sowie alle Modifikationen desselben stellte ich in derselben Weise an, wie ihn der genannte Autor angegeben hat, nur mit dem Unterschiede, dass ich zu demselben einen eisernen Trockenofen mit Asbestmantel und den Dimensionen von 21,0–14,5 und 15,5 cm mit doppelwandigem kupfernen Boden, über dem in einer Entfernung von 1,5 cm noch ein dritter, durchlöcherter angebracht war, benutzte. Ein Siebgefäss als Wattebehälter fiel in meinen Versuchen fort; die Watte wurde einfach cylinderförmig zusammengerollt, oben, in der Mitte und unten mittels eines Zwirnfadens zusammengehalten; durch das Dach des Trockenofens wurde ein 150° C Thermometer entsprechend der Achse des Wattencylinders bis zur Mitte desselben gestossen und letzterer mit Hilfe einiger grosser Korken, die dem Wattencylinder unten als Stütze dienten, in seiner Lage fixirt. Der Lufttraum des Trockenofens war in allen Versuchen, mit Ausnahme des ersten, mit zwei Thermometern armirt; das Quecksilberreservoir des einen beherrschte die oberen, das des anderen die unteren Luftschichten. Im ersten Versuche beziehen sich die Temperaturen auf das obere Thermometer. Um dem Ueberhitzen der Watte durch Berührung mit der oberen Wand des Trockenofens vorzubeugen, wurde oben zwischen Watte und Metall eine Asbestplatte eingefügt und auch dafür gesorgt, dass die Watte mit den übrigen Wandungen in keine direkte Berührung kam. Als Wärmequelle diente eine schwedische Benzinlölthampe. Zunächst stellte ich eine Reihe von Versuchen an, in welchen, nachdem die Temperatur im Centrum des Wattencylinders auf über 80° C gebracht worden war, der Innenraum des Trockenofens von gesättigtem 100° Wasserdampf durchströmt wurde. Aus drei Serien solcher Versuche sei je einer hier angeführt:

1. Versuch mit 84 g entfetteter Watte. Die Erwärmung des Trockenofens begann um 6 Uhr 55 Minuten, worauf um

	Watte- thermometer °	Luft- thermometer °	
12 Uhr 18 Min.	81,0	99,0	Dampfrohr angesetzt
12 " 19 "	87,0	99,0	
12 " 20 "	100,0	99,0	
12 " 21 "	108,0	99,0	
12 " 22 "	111,0	99,0	
12 " 23 "	113,0	99,0	
12 " 24 "	114,0	99,0	
12 " 25 "	115,0	99,0	
12 " 26 "	116,0	99,0	
12 " 27 "	117,0	99,0	
12 " 28 "	117,25	99,0	
12 " 29 "	117,5	99,0	
12 " 30 "	118,0	99,0	
12 " 31 "	118,0	99,0	
12 " 32 "	118,25	99,0	
12 " 33 "	118,5	99,0	
12 " 34 "	118,75	99,0	
12 " 35 "	119,0	99,0	
12 " 45 "	118,0	99,0	
1 " — "	115,0	99,0	
1 " 15 "	110,0	99,0	
1 " 30 "	101,0	99,0	
1 " 45 "	99,0	99,0	

2. Versuch mit 18 g entfetteter Watte. Die Erwärmung des Trockenofens begann um 3 Uhr 23 Minuten, worauf um

	Watte- thermo- meter °	Oberes Luftthermo- meter °	Unteres Luftthermo- meter °	
3 Uhr 30 Min.	29,0	64,0	—	
3 " 35 "	49,0	91,0	—	
3 " 40 "	54,0	89,0	100,0	
3 " 45 "	55,0	83,0	113,0	
3 " 50 "	57,0	91,0	133,0	
3 " 55 "	57,0	96,0	140,0	
4 " — "	57,5	99,5	139,5	
4 " 5 "	58,0	99,5	139,5	
4 " 10 "	66,0	97,0	132,0	
4 " 15 "	75,0	101,0	127,0	
4 " 20 "	82,0	93,0	106,0	
4 " 26 "	85,0	92,0	101,0	Dampfrohr angesetzt
4 " 27 "	98,0	98,0	107,0	
4 " 28 "	104,0	99,0	104,0	
4 " 29 "	107,0	99,0	103,5	

4 Uhr 30 Min.	109,0	99,0	102,75
4 " 31 "	110,0	99,0	102,0
4 " 32 "	111,0	99,0	101,0
4 " 33 "	111,5	99,0	100,75
4 " 34 "	112,0	99,0	100,5
4 " 35 "	112,25	99,0	100,5
4 " 36 "	112,5	99,0	100,25
4 " 37 "	112,75	99,0	100,25
4 " 38 "	112,75	99,0	100,25
4 " 39 "	112,5	99,0	100,25
4 " 40 "	112,5	99,0	100,0
4 " 45 "	111,0	99,0	99,75
4 " 50 "	109,0	99,0	99,75
4 " 55 "	108,0	99,0	99,75
5 " — "	106,75	99,0	99,5
5 " 5 "	105,5	99,0	99,5
5 " 10 "	104,25	99,0	99,5
5 " 15 "	103,0	99,0	99,5
5 " 20 "	102,0	99,0	99,5
5 " 30 "	101,5	99,0	99,5
5 " 40 "	101,0	99,0	99,5
6 " — "	100,0	99,0	99,5
6 " 20 "	99,5	99,0	99,25

3. Versuch. 18 g entfetteter Watte werden im Trockenofen auf 85° erwärmt, bei einer Temperatur unter 85° zwei Stunden weiter getrocknet, die Temperatur dann wieder auf 85° gebracht und darauf strömender gesättigter Wasserdampf durch den Trockenofen geleitet. Beginn der Erwärmung um 2 Uhr 42 Minuten.

	Watte- thermo- meter °	Oberes Luftthermo- meter °	Unteres Luftthermo- meter °
Um 2 Uhr 45 Min.	27,0	40,0	—
2 " 50 "	42,0	51,0	—
2 " 55 "	57,0	69,0	103,0
3 " — "	60,5	79,0	113,0
3 " 5 "	61,25	85,0	120,5
3 " 10 "	62,25	90,0	127,0
3 " 15 "	63,0	93,0	129,0
3 " 20 "	65,0	96,0	131,0
3 " 25 "	69,25	96,0	129,0
3 " 30 "	75,5	93,0	123,0
3 " 35 "	83,0	91,0	109,0
3 " 40 "	85,0	85,5	105,0
3 " 45 "	85,0	74,0	103,0
3 " 50 "	84,0	67,0	100,0
3 " 55 "	79,0	71,0	100,0
4 " — "	78,75	74,0	unter 100
4 " 5 "	80,0	76,5	"
4 " 10 "	81,0	77,0	"
4 " 15 "	82,5	77,0	"
4 " 20 "	82,75	75,0	"
4 " 25 "	82,0	74,0	"
4 " 30 "	82,0	74,0	"
4 " 35 "	82,0	78,0	"
4 " 40 "	83,5	79,75	103,0
4 " 45 "	83,0	72,0	103,0
4 " 50 "	81,0	69,5	103,0
4 " 55 "	80,5	76,5	102,5
5 " — "	82,0	78,0	104,5
5 " 5 "	83,0	76,0	104,5
5 " 10 "	82,0	76,25	104,5
5 " 15 "	81,0	73,0	104,5
5 " 20 "	81,5	78,0	102,5
5 " 25 "	82,5	74,0	102,5
5 " 30 "	81,5	71,5	102,5
5 " 35 "	80,0	72,0	102,5
5 " 40 "	80,5	77,0	102,5
5 " 45 "	82,5	83,0	112,0
5 " 49 "	85,0	86,0	118,0 Dampfrohr angesetzt
5 " 50 "	91,5	95,0	121,5
5 " 51 "	103,0	99,0	121,5
5 " 52 "	107,0	99,0	118,0
5 " 53 "	109,0	99,0	115,0
5 " 54 "	111,0	99,0	111,5
5 " 55 "	112,0	99,0	108,5
5 " 56 "	113,0	99,0	106,5
5 " 57 "	113,75	99,0	104,25
5 " 58 "	114,25	99,0	103,25
5 " 59 "	114,5	99,0	102,5
6 " 1 "	114,75	99,0	102,0
6 " 2 "	114,5	99,0	101,75
6 " 3 "	114,0	99,0	—
6 " 5 "	113,5	99,0	—

6 Uhr 10 Min.	111,75	99,0	—
6 " 15 "	110,0	99,0	—
6 " 20 "	108,75	99,0	00,5
6 " 25 "	107,5	99,0	—
6 " 30 "	106,25	99,0	—
6 " 40 "	104,0	99,0	—
6 " 50 "	102,0	99,0	—
7 " — "	100,25	99,0	—
7 " 10 "	100,0	99,0	—
7 " 30 "	99,5	99,0	—

Obige Versuche zeigen, dass die durch gesättigten Wasserdampf erzeugte Temperatur uteris paribus von der Zeitdauer abhängt, während welcher die Watte vorher im Trockenofen erhitzt wurde. Dieselbe betrug nach

1 Stunde 3 Minuten langer Dauer	112,75° C
3 " 7 " " " "	114,75° C
5 " 23 " " " "	119,0° C

Dass andererseits aber auch der Grad der Vorwärmung im Trockenschrank unter sonst gleichen Bedingungen von Einfluss auf die in der Watte durch Dampf erzeugte Temperatur ist, ersehen wir aus dem Vergleich der bisherigen Versuche mit folgendem:

4. Versuch. 18 g entfetteter Watte werden im Trockenofen auf 100° C vorgewärmt und darauf mit Wasserdampf, wie oben, behandelt. Beginn der Vorwärmung um 2 Uhr 45 Minuten.

	Watte- thermo- meter °	Oberes Luftthermo- meter °	Unteres Luftthermo- meter °
Um 2 Uhr 55 Min.	38,0	46,5	—
3 " — "	52,0	65,5	108,0
3 " 5 "	58,0	76,5	128,0
3 " 10 "	60,0	82,0	132,0
3 " 15 "	59,5	84,0	131,0
3 " 20 "	58,0	87,0	137,0
3 " 25 "	60,0	89,0	141,0
3 " 30 "	64,0	90,0	142,0
3 " 35 "	71,0	91,75	144,0
3 " 40 "	77,0	93,0	141,0
3 " 45 "	85,0	94,5	142,0
3 " 50 "	91,0	95,5	142,0
3 " 55 "	96,0	94,5	140,0
4 " — "	99,0	95,0	146,0
4 " 2 "	100,0	94,5	144,0 Dampfrohr angesetzt
4 " 3 "	108,0	98,0	131,0
4 " 4 "	114,0	99,0	124,0
4 " 5 "	116,5	99,0	118,0
4 " 6 "	118,0	99,0	113,0
4 " 7 "	120,0	99,0	110,0
4 " 8 "	121,0	99,0	107,0
4 " 9 "	121,5	99,0	105,0
4 " 10 "	121,75	99,0	104,0
4 " 11 "	121,75	99,9	103,5
4 " 12 "	121,5	99,0	103,0
4 " 13 "	121,0	99,0	102,5
4 " 15 "	120,0	99,0	102,0
4 " 20 "	116,0	99,0	101,5
4 " 40 "	106,0	99,0	100,75
5 " 20 "	99,0	99,0	99,0

Den bisher angeführten Versuchen folgt nun eine Reihe anderer, die meiner angekündigten Absicht entsprechend den konkreten Verhältnissen Rechnung tragen, denen wir im Gegensatz zu den im Trockenofen gegebenen in unseren Dampfsterilisatoren mit Vorwärmvorrichtungen begegnen. Vor allem musste daher der Einfluss untersucht werden, den der Ausschluss der im Trockenofen stattfindenden Ventilation auf die nachfolgende Dampf Wirkung ausübt. Es wurden daher 18 g entfetteter Watte, wie in obigen Versuchen, in den Trockenschrank gebracht, letzterer geschlossen, der Ansatz für das Dampfrohr verkorkt, die Thürspalten mit einer Kittmasse aus Kreide und Wasserglas verschmiert; nachdem hierauf die Temperatur in der Watte die gewünschte Höhe (85 und 100°) erreicht hatte, wurde Dampf in den Trockenofen geleitet, gleichzeitig durch Wiederherstellung der Thürspalten mittels eines starken Taschenmessers für Dampf abzug gesorgt.

5. Versuch. 18 g entfetteter Watte bei Ventilationsausschluss auf 85° C erwärmt und darauf mit Wasserdampf behandelt. Beginn der Erwärmung um 3 Uhr 33 Minuten.

	Watte- thermo- meter °	Oberes Luftthermo- meter °	Unteres Luftthermo- meter °
Um 3 Uhr 40 Min.	28,0	33,0	—
3 " 45 "	38,0	41,0	—
3 " 50 "	45,0	49,0	—
3 " 55 "	51,0	55,0	—
4 " — "	54,0	62,0	—

4 Uhr 5 Min.	55,5	65,5	—
4 " 10 "	57,0	68,75	103,0
4 " 15 "	60,5	74,5	110,0
4 " 20 "	63,25	79,0	117,0
4 " 25 "	65,5	82,5	122,5
4 " 30 "	67,0	84,0	125,0
4 " 40 "	76,0	86,0	126,75
4 " 50 "	85,0	88,0	130,0
4 " 51 "	91,0	92,0	131,0
4 " 52 "	97,75	98,0	128,0
4 " 53 "	100,0	98,5	124,0
4 " 54 "	101,75	98,75	119,0
4 " 55 "	103,0	98,75	116,0
4 " 56 "	104,0	98,75	111,0
4 " 57 "	105,5	98,75	108,0
4 " 58 "	106,5	98,75	107,0
4 " 59 "	107,25	98,75	105,0
5 " — "	107,75	98,75	104,0
5 " 1 "	108,0	98,75	103,0
5 " 2 "	108,25	98,75	102,75
5 " 3 "	108,75	98,75	102,0
5 " 4 "	109,0	98,75	102,0
5 " 5 "	109,0	98,75	101,5
5 " 6 "	109,0	98,75	101,25
5 " 7 "	109,0	98,75	101,0
5 " 8 "	109,0	98,75	101,0
5 " 10 "	108,75	98,75	100,75
5 " 15 "	108,25	98,75	100,75
5 " 20 "	107,5	98,75	100,5
5 " 30 "	106,0	98,75	100,25
5 " 40 "	105,0	98,75	100,0
5 " 50 "	104,0	98,75	98,75
6 " 25 "	98,75	98,75	98,75

Dampfrohr angesetzt

6. Versuch. 18 g entfetteter Watte bei Ventilationsausschluss auf 100° C vorgewärmt und darauf mit Wasserdampf behandelt. Beginn der Erwärmung um 12 Uhr 3 Minuten.

Um 12 Uhr 10 Min.	Watte-thermo-meter 0	Oberes Luftthermo-meter 0	Unteres Luftthermo-meter 0
12 " 15 "	52,0	60,0	—
12 " 20 "	63,0	72,0	—
12 " 25 "	69,0	80,5	104,0
12 " 30 "	71,5	85,5	112,5
12 " 35 "	74,5	90,75	119,0
12 " 40 "	76,5	94,0	127,0
12 " 45 "	79,0	98,0	132,5
12 " 50 "	81,0	98,0	137,0
12 " 55 "	85,0	97,0	133,0
1 " — "	90,0	96,0	131,0
1 " 5 "	93,5	96,0	133,0
1 " 10 "	97,0	95,0	139,5
1 " 15 1/2 "	100,5	97,5	139,0
1 " 17 "	106,5	99,5	125,0
1 " 18 "	108,5	99,5	119,0
1 " 19 "	110,0	99,5	115,0
1 " 20 "	110,75	99,5	111,5
1 " 21 "	111,5	99,5	108,5
1 " 22 "	112,0	99,5	105,5
1 " 23 "	112,75	99,5	104,5
1 " 24 "	112,75	99,5	103,0
1 " 25 "	112,75	99,5	102,5
1 " 26 "	112,75	99,5	102,0
1 " 27 "	112,75	99,5	101,5
1 " 28 "	112,5	99,5	101,25
1 " 29 "	112,5	99,5	101,0
1 " 30 "	112,25	99,5	100,75
1 " 31 "	112,0	99,5	100,5
1 " 35 "	111,0	99,5	100,25
1 " 40 "	110,0	99,5	100,0
1 " 45 "	108,5	99,5	100,0
1 " 50 "	107,5	99,5	99,75
2 " — "	106,0	99,5	99,5
2 " 45 "	99,5	99,5	99,5

Dampfrohr angesetzt

Wenn somit die Bedeutung der Ventilation und ihrer Dauer bei der Beurteilung der Vorwärmungsfrage volle Beachtung verdient, beansprucht andererseits die Beeinflussung der schliesslichen Dampftemperatur durch den dritten Faktor — die Höhe der erreichten Vorwärmung — nicht weniger Berücksichtigung. In allen hier angeführten Versuchsprotokollen finden wir Temperaturangaben, die uns ein anschauliches Bild der Wärmeverhältnisse in verschiedenen Luftschichten des Trockenofens geben; wir sehen, dass unter gewissen Verhältnissen

(bei trockener Erwärmung) die Temperaturdifferenzen 40 und mehr Grad betragen, eine Thatsache, die darin ihre Erklärung findet, dass der Trockenofen mit Unterfeuerung arbeitet, wobei natürlich die Wärmestrahlung vom Boden aus am mächtigsten direkt auf den Inhalt des Ofens einwirkt. Dass in Folge dessen die unteren Watteschichten höher als die übrigen (weit über 100° C) vorgewärmt werden, folglich in ihnen für den darauf einströmenden Dampf eine Brutstätte für überhitzten Dampf geschaffen wird, der in Folge seines geringeren spezifischen Gewichtes nach oben drängt und auf seinem Wege den Stand des Wattethermometers beeinflussen kann, ist ohne weiteres einleuchtend. Ich suchte daher für die vorzuwärmenden Verbandstoffe Bedingungen zu schaffen, unter welchen Temperaturdifferenzen in verschiedenen Luftschichten während der Vorwärmung, sowie Temperaturen über 100° C ausgeschlossen sind, gleichzeitig aber auch dafür Sorge zu tragen, dass Luftströmungen keinen Zutritt zur Watte haben. Diesen Anforderungen entspricht am einfachsten der Meyer'sche Wasserbadkessel. Denselben benutzte ich in folgender Weise: Nachdem der Raum zwischen den Doppelwandungen bis oben mit Wasser gefüllt war, wurde die Watte in den Kesselraum gebracht und letzterer mit einem Metalldeckel, der eine starke Asbestschicht besass und mit etlichen Oeffnungen versehen war, hermetisch geschlossen. Durch die centrale Oeffnung wurde ein Thermometer bis zur Mitte der Watte eingeführt; die Dampfzuleitungsröhre endete gleich unter dem Deckel, die Dampfableitungsröhre reichte fast bis zum Boden des Kessels. Nachdem die Watte bis auf 85° C in diesem Apparat vorgewärmt war, wurde Wasserdampf von Siedetemperatur durchgeleitet. Folgendes Beispiel zeigt den gewöhnlichen Verlauf solcher Versuche:

7. Versuch. 18 g entfetteter Watte werden im Meyer'schen Wasserbadkessel so lange vorgewärmt, bis das centrale Wattethermometer 85° C zeigt, dann mit gesättigtem strömenden Wasserdampf behandelt. Während der Vorwärmung ist die Dampfzuleitungsröhre verkorkt. Beginn der Vorwärmung um 5 Uhr 8 Minuten.

Wattethermometer

Um 5 Uhr 20 Min.	50,0
5 " 25 "	64,0
5 " 30 "	66,5
5 " 40 "	67,5
5 " 50 "	68,0
6 " — "	75,0
6 " 10 "	78,5
6 " 20 "	82,0
6 " 30 "	84,0
6 " 46 1/2 "	85,5
6 " 47 "	96,0
6 " 48 "	99,25
6 " 49 "	100,75
6 " 50 "	101,25
6 " 51 "	102,0
6 " 52 "	102,5
6 " 53 "	103,25
6 " 54 "	103,75
6 " 55 "	104,0
6 " 56 "	104,0
6 " 57 "	104,0
6 " 58 "	104,0
6 " 59 "	104,0
7 " — "	104,0
7 " 1 "	103,75
7 " 5 "	103,25
7 " 10 "	102,5
7 " 45 "	100,0

Dampfrohr angesetzt

Um im Meyer'schen Apparate trockene Watte im Centrum bis auf nahe an 100° C vorzuwärmen, müssten wir das Feuer stundenlang unterhalten, bevor das Dampfrohr angesetzt wird, während das Wasser schon nach wenigen Minuten zu kochen beginnt. In keinem Dampfsterilisator concentrischen Systems mit Vorwärmvorrichtungen sind aber derartige Verhältnisse anzutreffen, weshalb wir auch den hier durch nachgeleiteten Wasserdampf erzeugten Temperaturen keine Bedeutung für die uns interessierende Frage beimessen dürften. In einer folgenden Reihe von Versuchen im Meyer'schen Wasserbadkessel versah ich daher die Watte mit zwei Thermometern, von denen der eine central, der andere derart peripher angebracht war, dass sein Quecksilberbehälter eine dünne Schicht Watte fest gegen die Seitenwand des Kochkessels drückte. Sobald der periphere Thermometer die gewünschte Temperatur erreicht hatte, begann das Einstromen des Wasserdampfes. Zwei solcher Versuche seien hier angeführt.

8. Versuch. 18 g entfetteter Watte werden im Meyer'schen Apparat bei geschlossener Dampfeinströmungsröhre auf 85° C vorgewärmt und darauf mit strömendem gesättigten Wasserdampf behandelt. Beginn der Vorwärmung um 6 Uhr 12 Minuten.

	Centrales Wattethermometer	Peripheres Wattethermometer
Um 6 Uhr 20 Min.	—	41,0
6 " 25 "	46,0	59,0
6 " 30 "	58,0	77,0
6 " 35 "	62,0	85,0 Dampfrohr angesetzt
6 " 36 "	90,0	93,0
6 " 37 "	96,5	97,0
6 " 38 "	98,0	98,5
6 " 39 "	98,25	99,0
6 " 40 "	98,5	99,0
6 " 41 "	98,5	99,0
6 " 42 "	98,5	98,5
6 " 43 "	98,5	98,5
6 " 44 "	98,5	98,5
6 " 45 "	98,5	98,5
6 " 46 "	98,5	98,5

9. Versuch, wie Versuch 8; nur wird, um die Vorwärmung zu beschleunigen, die Kesselwand mit kochendem Wasser gefüllt und die Temperatur des peripheren Thermometers auf 95° gebracht. Beginn der Erwärmung um 6 Uhr 2 Minuten.

	Centrales Watte- thermometer	Peripheres Watte- thermometer
Um 6 Uhr 5 Min.	31,0	48,0
6 " 10 "	55,0	77,0
6 " 15 "	65,0	90,0
6 " 20 "	69,0	93,5
6 " 25 "	70,5	95,0 Dampfrohr angesetzt
6 " 26 "	86,0	97,0
6 " 27 "	98,75	100,5 und gleich darauf 101,0
6 " 28 "	98,75	100,0
6 " 29 "	98,75	99,0
6 " 30 "	98,75	98,75
6 " 35 "	98,75	98,75
6 " 40 "	98,75	98,75

Der Unterschied zwischen den höchsten Temperaturen in den centralen und peripheren Watteschichten unter dem Einfluss des strömenden Wasserdampfes betrug also im Versuch 8 (Vorwärmung bis auf 85° C) — 0,5° C, im Versuch 9 (Vorwärmung bis auf 95° C) — 2,75° C; in beiden Versuchen kam aber diese Temperaturdifferenz schon nach drei Minuten zum Ausgleich.

Um endlich dem oben erwähnten vierten Faktor — der Feuchtigkeitszunahme in der Watte während des Vorwärmens — zu seinem Recht zu verhelfen und seinen hemmenden Einfluss auf die Dampfüberhitzung zu untersuchen, bietet uns aber auch der Meyer'sche Wasserbadkessel keine Gelegenheit; im Gegenteil, auch in ihm nimmt während des Vorwärmens sowohl der absolute als auch der relative Feuchtigkeitsgehalt ab. Deshalb benutzte ich zu meinen nun folgenden Versuchen einen anderen Apparat, in welchem alle in unseren Dampfsterilisatoren concentrischen Systems mit Vorwärmvorrichtungen stattfindende physikalische Prozesse sich in normaler Weise abspielen können. Derselbe besteht aus zwei cylinderförmigen concentrischen Zinkblechbüchsen von folgenden Dimensionen: Höhe und lichte Weite des äusseren = 19 und 15,5 cm, des inneren = 13 und 9,5 cm. Der äussere Zylinder besitzt einen doppelten Boden, von denen der obere mit einer ringförmigen 3 cm hohen Einfassung zur Aufnahme und Fixirung des inneren Zylinders versehen ist; die Entfernung zwischen beiden Böden beträgt 3 cm; der obere Boden ist, entsprechend dem Raume zwischen beiden Zylindern, stark durchlöchert. Entsprechend einem grössten Durchmesser beider flacher Zylinderdeckel sind je drei einander vertikal entsprechende, mit hoher Einfassung versehene, runde Oeffnungen angebracht. Die peripheren Oeffnungen des kleineren, seinen Zylinder seitlich etwas überragenden Deckels sind so gelegen, dass ihre Mittelpunkte fast in einer Vertikalen mit der inneren Fläche der Seitenwand des Zylinders, mit nur geringer Abweichung centralwärts liegen. Dieser Apparat diente zu folgenden Versuchen: Der kleine Zylinder wurde mit entfetteter Watte gefüllt, durch deren Mitte eine bis auf den Boden des Zylinders reichende Glasröhre (a) eingeführt wurde; tiefer, als in halber Höhe befand sich das Reservoir eines 150gradigen Thermometers (b), welches eine dünne Watteschicht gegen die Seitenwand des Zy-

linders presste. Die Glasröhre ragte durch die centrale, das Thermometer durch eine der peripheren Oeffnungen des nun aufgesetzten Deckels hervor; beide waren mittels durchbohrter Korken in dieser Lage befestigt; über die Einfassung der dritten Oeffnung wurde ein fest anliegender Gummifingerling (c) gestülpt; ebensolche, nur am blinden Ende einfach rund durchlöcherter Fingerlinge wurden über die freien Enden der Glasröhre und des Thermometers derart nach unten gezogen, dass die Einfassungen beider entsprechender Oeffnungen von ihnen fest umspannt werden; dadurch wird das Eindringen von Luft ins Innere des Zylinders durch den Deckel unmöglich gemacht; schliesslich wird auch die Spalte zwischen Deckel und Zylinder durch einen fest anliegenden Gummiring hermetisch geschlossen. Darauf wurde der kleine Zylinder in den grossen gebracht und durch Druck in der Einfassung des oberen Bodens unbeweglich befestigt. Nachdem darauf auch der grosse Zylinder mittels Deckel geschlossen und die durch letzteren ragenden Theile der Glasröhre und des Thermometers durch Korken, sowie die Spalte unter dem Deckel mit Hülfe eines starken Gummiringes abgedichtet waren, wurde der Raum zwischen beiden Zylindern durch eine vierte, diesem Zwischenraum entsprechende Oeffnung im Deckel des äusseren Zylinders bis über $\frac{3}{4}$ der Höhe des inneren Zylinders mit kaltem Wasser gefüllt; die Oeffnung wurde dann mit einem durchbohrten Korken, durch den ein 100gradiges Thermometer (d) mit seinem Reservoir bis unter das Wasserniveau reichte, geschlossen. Für freien Dampfabzug nach aussen wurde durch Offenlassen der Oeffnung im oberen Deckel gesorgt, die dem undurchlöcherter Fingerling am Deckel des inneren Zylinders entsprach. Nun kam der Apparat aufs Feuer, und, nachdem die Wattetemperatur die gewünschte Höhe erreicht hatte, wurde der Dampf, der bisher durch die Oeffnung im äusseren Deckel frei nach aussen strömte, durch schnelles Entfernen des Fingerlings von der Oeffnung im inneren Deckel mittels einer langen Kornzange und sofortiges Schliessen der über ihr gelegenen Oeffnung im äusseren Deckel — durch die vorgewärmte Watte geleitet. Das Ergebniss solcher Versuche ist aus folgendem Beispiel ersichtlich:

10. Versuch. Die Randschichten von 36 g entfetteter Watte werden im inneren Zylinder unter Ausschluss von zuströmender feuchter Luft auf 96° C vorgewärmt und darauf mit strömendem gesättigten Wasserdampf behandelt. Beginn der Erwärmung um 1 Uhr 37 Minuten.

	Wattethermometer	Wasser- thermometer
Um 1 Uhr 45 Min.	?	53,0
1 " 50 "	?	73,0
1 " 55 "	?	88,0
2 " — "	85,0	99,75
2 " 5 "	95,0	99,75
2 " 6 1/2 "	96,0	99,75 Dampf durchgeleitet
2 " 7 1/2 "	100,0	100,0
2 " 8 "	100,25	100,0
2 " 9 "	100,5	100,0
2 " 10 "	100,75	100,0
2 " 11 "	100,75	100,0
2 " 12 "	100,75	100,0
2 " 13 "	100,25	100,0
2 " 14 "	100,0	100,0

In einer letzten Reihe von Versuchen wurde endlich, nachdem der Apparat, wie eben beschrieben, gefüllt war, die Dampfzuleitungsöffnung im Deckel des inneren Zylinders offen gelassen, die über ihr liegende Oeffnung im Deckel des äusseren dagegen schon vor Beginn der Erwärmung geschlossen. Als Illustration der Dampf Wirkung auf das Wattethermometer in der Randschicht unter solchen Verhältnissen sei folgendes Versuchsprotokoll angeführt:

11. Versuch. Im inneren Zylinder 36 g entfetteter Watte; die Vorwärmung geschieht bei unverschlossener Dampfzuleitungsöffnung. Beginn der Erwärmung 7 Uhr 1 Minute.

	Peripheres Wattethermometer	Wasserthermometer
Um 7 Uhr 5 Min.	?	33,0
7 " 10 "	?	51,0
7 " 15 "	?	67,0
7 " 20 "	?	83,0
7 " 25 "	76,0	93,5
7 " 29 "	86,0	99,0
7 " 30 "	99,25	99,75
7 " 31 "	99,5	99,75
7 " 32 "	99,5	100,0
7 " 33 "	99,5	100,0
7 " 34 "	99,5	100,0
7 " 35 "	99,5	100,0
7 " 36 "	99,5	100,0
7 " 40 "	99,5	100,0
7 " 50 "	99,5	100,0

Die Temperatur der wie im Lautenschläger'schen Apparate vorgewärmten peripheren Watterschicht blieb also gegen die Siedetemperatur des Wassers um $0,5^{\circ}\text{C}$ zurück. —

Die hier angeführten Versuche, von denen jeder, wie schon erwähnt, eine gleichartige Gruppe repräsentiert, beweisen somit zur Genüge:

1. dass die Eingangs dieser Arbeit zitierte Braatz'sche Behauptung, das Vorwärmen des Verbandmaterials im Dampfsterilisator müsse durch Erzeugung von überhitztem Wasserdampf das Endresultat der erstrebten Sterilisation gefährden, einer experimentellen Begründung entbehrt, sofern es sich nämlich um Apparate handelt, die den Lautenschläger'schen Typus zeigen, d. h. in denen das Verbandmaterial während des Vorwärmungsprozesses von der sich allmählich erwärmenden feuchten Luft des Dampfraumes durchströmt wird;

2. dass Apparate, in denen das Verbandmaterial vor seiner direkten Behandlung mit Wasserdampf durch letzteren, oder kochendes Wasser in seinen peripheren Schichten erst ohne Luftzutritt erwärmt wird, allerdings geringe Temperatursteigerungen über Siedewärme erzeugen können; handelt es sich in einem solchen Falle um Apparate, die mit sogenanntem stehenden Dampf arbeiten, so dürfte ihre Leistungsfähigkeit beeinträchtigt erscheinen. Dieser Schluss ist natürlich nur zutreffend, solange es sich um 100°C Wasserdampf handelt; wie sich die Verhältnisse unter erhöhtem Druck gestalten (Autoklaven), müsste durch Versuche erst festgestellt werden. Eine praktische Bedeutung für Apparate mit strömendem Wasserdampf (100°C) dürfte jedoch dieser geringen Steigerung über Siedetemperatur (z. B. $100,75^{\circ}\text{C}$ — Versuch 10) nicht beigemessen werden, da dieselbe durch den nachströmenden Dampf sehr bald wieder ausgeglichen wird.

In Anerkennung der Vorzüge, die das weniger feuchte Verbandmaterial dem nasserem gegenüber besitzt, halte ich mich daher für befugt, im Gegensatz zu Braatz zu betonen, dass der Vorwärmemodus der Lautenschläger'schen Apparate keine Dampfüberhitzung involvirt. Damit soll allerdings nicht gesagt sein, dass die Lautenschläger'schen Sterilisatoren allen anderen überlegen sind; an ihnen kann z. B. ausgesetzt werden, dass sie die Möglichkeit einer Ueberhitzung des Wasserdampfes schon im Dampfraume nicht völlig ausschliessen, wofür der Schutzmantel, der die Brenngase längs der Kesselwandung nach oben dirigiert, verantwortlich zu machen ist; das Prinzip der Vorwärmung des Verbandmaterials dagegen ist in ihnen einwandfrei.

In der erwähnten Arbeit „Zur Dampfdesinfektionslehre in der Chirurgie“ führt Braatz noch die Beobachtung gegen Vorwärmeverrichtungen an, dass unser Verbandmaterial als schlechter Wärmeleiter ein Vordringen der äusseren Wärme ins Innere der Verbandstoffe nur sehr langsam gestattet. Auch meine Versuche bestätigen diese Wahrnehmung, und ich stimme mit Braatz darin vollständig überein, dass auf das Durchwärmen einer 30 cm dicken Schicht Watte bis nahe an 100°C unter Umständen stundenlang gewartet werden müsste. Das Durchwärmen sollte aber garnicht als Endzweck der Vorwärmeverrichtung aufgefasst werden; erfahrungsgemäss sind es nur die peripheren Schichten des Verbandmaterials, deren übermässiger Feuchtigkeitsgehalt nach der Dampfsterilisation Anstoss erregen, und da der Haupteffekt der Vorwärmung sich gerade in letzteren durch geringere Abscheidung von Condenswasser während der Dampfeinwirkung am deutlichsten zeigt, ohne nothwendigerweise Dampfüberhitzung herbeizuführen, so dürfte die Berechtigung der Anwendung von Dampfsterilisatoren mit entsprechenden Vorwärmeverrichtungen als gesichert erscheinen.