

Zur Bürkerschen Methodik der Blutkörperchenzählung¹⁾.

Von

Dr. med. **B. Feucht**, Heilstätte Hohwald (Sachsen).

Mit 2 Textabbildungen.

(Eingegangen am 28. Dezember 1920).

Bei der ständig wachsenden Bedeutung, die in neuer Zeit wiederum Blutkörperchenzählungen, vor allem wenn sie durch genaue Hämoglobinbestimmungen ergänzt werden, für Physiologie und Pathologie gewinnen, ist es angebracht, die Methode, derer man sich zu bedienen pflegt, einmal kritisch zu betrachten, um sich eine klare Vorstellung ihrer Leistungsfähigkeit und ihrer Zuverlässigkeit zu verschaffen.

Die Methode, die wir seit mehreren Jahren ausschließlich angewandt haben und der wir vor der Thomaschen unbedingt den Vorzug geben, ist die Bürkersche.

Das hat verschiedene Gründe:

I. Es hat sich herausgestellt, daß eine regelmäßige Differenz zwischen den mit der Bürkerschen und den mit der Thomaschen Kammer ermittelten Erythrocytenwerten auftritt, d. h. die Thomasche Kammer ergibt immer zu hohe Werte (Koranyi, Bloch, Bürker). Durch entsprechende Versuchsanordnung konnte Bürker nachweisen, daß dieser Fehler nicht seiner eigenen, sondern der Thomaschen Kammer zuzuschreiben ist; er wird in erster Linie verursacht durch das schnelle Senkungsbestreben der Erythrocyten, von denen sich in der kurzen Frist, die bei Thoma bis zum Auflegen des Deckglases verstreicht, schon ein Teil auf die Zählfläche herabgesenkt hat und so eine erhöhte Zelldichte in der Kammerbodeneinheit vortäuscht.

Dieser bei Thoma regelmäßig auftretende Fehler war zunächst für einen „konstanten“ gehalten worden; er verdient jedoch diesen Namen nicht ganz ohne Einschränkung, da er nicht im strengen Sinne der mathematischen Nomenklatur „konstant“ ist, d. h. da er nicht stets die gleiche Größe hat: Bürker fand z. B. bei seinen Versuchen die regelmäßige Differenz 7%, Bloch 10%; die Größe der Differenz pflegt also in hohem Maße von der Schnelligkeit und der Geschicklichkeit abhängig zu sein, mit der die Thomasche Kammer gefüllt wird. Mit anderen Worten: ein Fehler tritt bei der allgemein üblichen Zu-

¹⁾ Stark gekürzt nach einer in Leipzig eingereichten, nicht im Drucke erschienenen Dissertation.

sammensetzung der Thomaschen Kammer immer auf, ist also insofern konstant, ist aber, je nach dem Untersucher, innerhalb gewisser Grenzen persönlich-variabel.

So sieht man sich zur Feststellung der Tatsache genötigt, daß fast alle bisher geleisteten numerischen Blutanalysen, die doch allergrößtenteils mit der auch jetzt im In- und im Auslande noch am meisten gebrauchten Thomaschen Kammer gewonnen worden sind, unrichtig, zum mindesten nur von sehr bedingtem Werte sind, und daß die bisherigen Resultate nur dann in beschränktem Maße zu Vergleichen herangezogen werden können, wenn von demselben Untersucher spätere Zählungen veröffentlicht worden sind, die man dann wohl als mit dem gleichgroßen persönlichen Fehler behaftet ansprechen kann.

Dieser „konstante“ Fehler ist nun bei der Bürkerschen Art der Kammerfüllung selbst bei mangelhafter Beherrschung der Technik schlechterdings ausgeschlossen.

II. Es ist eine vollständige Blutuntersuchung nach Bürker in kürzerer Zeit durchführbar wie eine solche nach Thoma.

Seit Stierlin rechnete man im allgemeinen ungefähr $\frac{1}{2}$ Stunde, „nicht über $\frac{1}{2}$ Stunde“, schreibt Stierlin selbst, auf eine vollständige Blutuntersuchung nach Thoma. Freilich müßte man schon ein recht geübter Untersucher sein, wenn man in dieser Zeit fertig werden will; Verfasser ist es z. B. nie gelungen. Veranschlagt doch — nach Ellermann und Erlandsen — Thoma selbst die nur zur vollständigen Leukocytenzählung nötige Zeit auf $\frac{1}{2}$ Stunde unter der Bedingung, daß mindestens 300 Leukocyten gezählt werden, was eine 4—5malige Neufüllung der Kammer erfordert.

Zur vollständigen Durchzählung der 169 Erythrocytenquadrate einer Bürkerschen Kammer gebrauchte Verfasser durchschnittlich 12 bis 18 Minuten und noch weniger, wenn er die Resultate einem Gehilfen in die Feder diktieren konnte (8—12 Minuten). Beschränkt man sich aber nur auf die von Bürker geforderten 80 Quadrate, so kommt man mit der reichlichen Hälfte dieser angegebenen Zeiten aus. Zur Durchmusterung der fast 9 qmm großen Leukocytenfläche waren dagegen 10—12 (bzw. bei Diktat 7—9 Minuten) nötig. Diese letztere Angabe gilt natürlich nur für nicht-leukämisches Blut; bei den höheren Graden von Leukämie, wo noch bei 20facher Verdünnung 30—50 Zellen in jedem großen Quadrate liegen, muß man auf eine Leukocytenbestimmung bis zu einer vollen Stunde rechnen.

Zusammenfassend läßt sich also sagen: eine vollständige Zählung nach Bürker (rote und weiße Blutkörperchen), verbunden mit vorheriger Blutentnahme und anschließender Reinigung der Instrumente, ist in einer knappen halben Stunde durchführbar, wenn man sich auf die geforderten — und nota bene ausreichenden — 80 Erythrocyten-

quadrate beschränkt, erfordert eine genaue halbe Stunde, wenn man eine Erythrocytenkammer, und erfordert etwa dreiviertel Stunde, wenn man beide Erythrocytenkammern vollständig auszählt.

III. Ein dritter Vorzug des Bürkerschen Instrumentariums ist seine gegenüber Thoma vereinfachte Handhabung, da mit der größeren Kompliziertheit jederzeit größere Fehlermöglichkeiten gegeben sind.

A. Zu diesen wesentlichen Vereinfachungen sind bei Bürker die verschiedenen Verbesserungen der Kammer und ihrer Füllung zu rechnen. Sie sind in diesem Archiv bereits wiederholt gewürdigt worden und sind zu bekannt, als daß man noch näher darauf eingehen müßte. Ich führe die hauptsächlichsten daher nur kurz an:

1. Maßnahmen zur Beseitigung der bei Thoma möglichen verschiedenen Füllungsfehler:

- a) Zusammensetzung der Kammer vor der Füllung;
- b) vereinfachte dauerhafte Erzeugung der Newtonschen Ringe und damit Garantie der vorgeschriebenen Kammerhöhe;
- c) momentane Füllung der Kammer durch Capillarität; dadurch Ausschaltung des unter I. erwähnten „konstanten“ Fehlers.

2. Bei einmaliger Deckglasaufgabe sind stets 2 Kammern zur Füllung und Auszählung gebrauchsfertig. Das hat den Vorteil, daß die Bildung des arithmetischen Mittels aus zwei verschiedenen Daten eine beinahe anderthalbfache Sicherheit des Endresultates gegenüber der Einzelbeobachtung ergibt.

3. Vergrößerung des Zählnetzes um das neunfache und Zählung über die ganze große Fläche hin. Dadurch Möglichkeit des Fehlerausgleiches untereinander, falls wirklich Unregelmäßigkeiten der Zellverteilung vorgekommen sein sollten.

4. Beigabe von Vordrucken in Buchform zur Eintragung der Resultate, die man immer als Dokumente aufbewahren kann.

B. Ferner rechne ich unter die Verbesserungen die endgültige Ausschaltung des Potain und die Rückkehr Bürkers zu zwei getrennten Abmessungspipetten.

Trotz der Miescherschen Verbesserungen waren dem Potain im Laufe der Zeit von verschiedenster Seite immer wieder Fehlermöglichkeiten vorgeworfen worden, die man durch Konstruktion von Präzisionspipetten usw. zu vermeiden versucht hatte. Die Angriffe richteten sich

- 1. gegen den gläsernen Mischkörper, der
 - a) genaue Justierung erschwere (Veillon, Roerdansz);
 - b) bei kräftigem Mischen Erythrocyten zerschlagen könnte (Brünnings) — diese Vermutung hat sich nicht bestätigt! — und
 - c) bleiben an ihm, trotz aller empfohlenen Vorsichtsmaßregeln (Kjer - Petersen, Schmidt - Luthje, Naegeli und viele andere)

Luftblasen haften, die nicht mehr zu entfernen sind und eine zeitraubende Neufüllung nötig machen.

2. Die gemessenen Volumina sind sehr klein, so daß die Abmessungsfehler um so mehr ins Gewicht fallen (Hühnerfaut).

3. Die Mischung läßt sich nicht lange aufheben (Roerdansz, Bürker).

4. Die Mischung ist keine gleichmäßige:

a) bei Erythrocytenuntersuchungen festgestellt von Geigel,

b) bei Leukocytenuntersuchungen festgestellt von Elzholz, Ellermann, Erlandsen.

5. Wenn die Ringmarken zu weit von der Ampulle entfernt sind, werden die nun zwischen Marke und Ampulle befindlichen Flüssigkeitssäulen nicht in die Mischung einbezogen und vom Glaskörper nicht mit durchgemischt (Bürker) — ein bei den früheren Potains oft zu beobachtender Fehler.

6. Weiter ist die Befürchtung geäußert worden, das Lumen des alten Potains sei zu eng, so daß eine Entmischung beim Eintritt in die Meßcapillare möglich sei (Bürker); eingehende Nachprüfungen, ob dadurch wirklich ein beachtlicher Fehler möglich sei, existieren jedoch in der Literatur nicht.

7. Es sollen durch hintereinandergeschaltetes Aufsaugen zwei verschiedene Flüssigkeiten mit dem gleichen Instrumente fehlerfrei abgemessen werden (Bürker, Ellermann, Erlandsen). Dies erscheint am anfechtbarsten und verwerflichsten am ganzen Potain, da ein Fehler in der Abmessung der ersten Flüssigkeit selbstverständlich immer auch ein fehlerhaftes Volumen der zweiten Flüssigkeit nach sich zieht; und zwar wirken dann immer beide Fehler in der gleichen Richtung.

8. Die Ringmarken sind gerade an Stellen angebracht, wo erhebliche Dickenveränderungen des Lumens eintreten. Der obere und der untere Meniskus werden daher ihrem absoluten Volumen nach nicht ganz gleich zu bewerten sein: der untere wird um so größer ausfallen, je höher er versehentlich über der Ringmarke steht und kann dann auch nicht durch ein geringes Höheraugen der Flüssigkeit über die obere Ringmarke fehlerfrei kompensiert werden.

Alle diese 8 Fehlermöglichkeiten sind bei der Bürkerschen Art der Mischung mit einem Schlage beseitigt.

Über den Grad der erreichbaren Abmessungsgenauigkeit mit seinen Pipetten hat Bürker selbst berichtet (Arch. f. d. ges. Physiol. 142, 360 und 371).

Die erzielte Aufschlemmung der Zellen im Kölbchen ist bei Innehaltung der Mischvorschriften durchaus gleichmäßig (s. u.).

IV. Der vierte und wichtigste Grund, der unsere Bevorzugung der Bürkerschen Kammer in jeder Weise rechtfertigt, ist der, daß sie genauer

und zuverlässiger arbeitet, wie aus den folgenden Fehlerbestimmungen hervorgeht.

Wir haben uns bei diesen Untersuchungen der von Gauß eingeführten Methode der kleinsten Quadrate bedient, Rechenmethoden, die in ihrem weiteren Verfolg zur Aufstellung des sog. Gaußschen Fehlerhäufigkeitsgesetzes geführt haben, meist kurz G. G. genannt.

Es wäre nun zu allernächst die Frage aufzuwerfen, ob das G. G. und seine Rechnungsarten überhaupt auf die Erythrocytometrie anwendbar sind. Gauß selbst hatte sein Gesetz ursprünglich nur als „Gesetz der sog. Beobachtungsfehler“ aufgestellt, d. h. als Gesetz der zufälligen Abweichungen von arithmetischen Beobachtungsmitteln¹⁾ und als solches war es einige Jahre später von Bessel an astronomischen Daten empirisch richtig befunden worden. Ist nun, muß man fragen, dieses Gesetz auch gültig für die zufälligen, tatsächlichen Abweichungen von Kollektivgegenständen irgendwelcher Art von ihrem Mittel, hier also für die innerhalb der Bürkerschen Kammer auftretenden Unregelmäßigkeiten der Zellverteilung?

Die Erörterung dieser Frage muß jedoch abgelehnt werden, da sie allersubtilste, sehr weitläufige und rein mathematische Untersuchungen erfordern würde, die einer gesonderten Behandlung durch Fachmathematiker bedürfen. Uns mag hier genügen, daß Abbé die Anwendbarkeit und Brauchbarkeit des G. G. seinerzeit für die Thomasche Kammer dargetan und begründet hat, daß Thoma, später Reinert Abbés theoretische Ausführungen durch zahlreiche praktische Untersuchungen unter Anwendung der vorgeschlagenen Rechnungsarten auf die numerische Blutanalyse bestätigt haben, daß in der Folgezeit die Methode der kleinsten Quadrate ungezählte Male angewandt worden und so nach und nach die Alleinherrschaft bei der Zuverlässigkeitsprüfung, d. h. bei der Fehlerbestimmung für alle Blutkörperchenzählmethoden, soweit sie Anspruch auf wissenschaftlichen Wert machen, erlangt hat. So ist sie auch von Bürker ohne weiteres für seinen Zählapparat verwandt worden.

Nur ein ganz oberflächlicher Vergleich zwischen der Empirie und der Theorie des G. G. sei gestattet, nun natürlich nicht an der Hand seines „unpopulären“ Integralausdruckes, sondern eines vereinfachten und leicht faßlichen tabellarischem Ausdruckes, durch einfache Gegenüberstellung der Verhältniszahlen der sog. Φ (Θ : ε)-Tabelle des Gaußschen Gesetzes mit unseren sich aus einer Serie von 50 Einzelzählungen ergebenden Resultaten.

Diese Tabelle (vgl. Fechner, Kollektivmaßlehre, Leipzig 1897, S. 57ff.) gibt an, in welcher Weise sich „unter der Voraussetzung sym-

¹⁾ NB. also eigentlich nicht wirklicher realer Fehler, sondern nur im Untersucher und in der Methode begründeter Beobachtungsfehler!

metrischer Wahrscheinlichkeit“ der durchschnittliche Fehler t um einen Mittelwert herum gruppiert¹⁾. Es ergeben sich theoretisch hierfür folgende Verhältniszahlen (nur auszugsweise wiedergegeben):

Tabelle I.

| t | Φ (= Verhältniszahl) |
|------|---------------------------|
| 0,00 | 0,0000 |
| 0,25 | 0,1581 |
| 0,50 | 0,3101 |
| 0,75 | 0,4504 |
| 1,00 | 0,5751 |
| 1,25 | 0,6814 |
| 1,50 | 0,7686 |
| 1,75 | 0,8374 |
| 2,00 | 0,8895 |
| 2,50 | 0,9539 |
| 3,00 | 0,9833 |

Hat man also einen beliebigen Kollektivgegenstand, der dem G. G. folgt — das am häufigsten in der deutschen, englischen und französischen Literatur bearbeitete Objekt sind beispielsweise Rekrutenmaße —, und hat seinen durchschnittlichen Fehler ausgerechnet, so würden, wenn a das arithmetische Mittel aus allen Einzelbeobachtungen darstellt, bei 10 000 Beobachtungen 1581 Fälle innerhalb der Grenze $a + 0,25 t$ bis $a - 0,25 t$ liegen usw. Es ist nun diesseits für 50 Zählungen derselben Blutart nach Bürker das arithmetische Mittel a gebildet und danach t berechnet worden. Es ergab sich dabei für a 1039,46 Zellen und für den durchschnittlichen Fehler 14,1 Zellen (die rechnerischen Belege, die jederzeit eine Nachprüfung dieser Aufstellung gestatten, folgen weiter unten!); es wurde dann empirisch gefunden, daß fielen

1. innerhalb der Grenze $a + 0,25 t$ bis $a - 0,25 t$, d. h. innerhalb 1036—1043 10 Fälle, d. i. 0,20%;

2. innerhalb der Grenze $a + 0,50 t$ bis $a - 0,50 t$, d. h. innerhalb 1032—1046 14 Fälle, d. i. 0,28%;

3. innerhalb der Grenze $a + 0,75 t$ bis $a - 0,75 t$, d. h. innerhalb 1029—1050 24 Fälle, d. i. 0,48% usw.

¹⁾ Eine genaue Definition aller in Betracht kommenden Fehler (grober, konstanter und variabler Fehler; wahrer und scheinbarer Fehler; durchschnittlicher, mittlerer und wahrscheinlicher Fehler) sowie eine nur auf elementare Mathematik sich beschränkende Entwicklung aller dazugehörigen Formeln unter dem Gesichtswinkel ihrer Anwendungsmöglichkeit in der Erythrocytometrie findet sich auf S. 63—97 der Dissertation. Hier sei zum Verständnis des folgenden nur angeführt: t bedeutet stets durchschnittlicher Fehler, m = mittlerer Fehler, M = mittlerer Fehler des Mittelwertes, r = wahrscheinlicher Fehler, ε = wahrer Beobachtungsfehler, v = scheinbarer Beobachtungsfehler.

Vergleiche weiter die folgende Tabelle:

Tabelle II.

| | Praxis | | Theorie |
|------|------------------|--------------|---------|
| | Anzahl der Fälle | in Prozenten | |
| 0,25 | 10 | 0,20 | 0,15 |
| 0,50 | 14 | 0,28 | 0,31 |
| 0,75 | 24 | 0,48 | 0,45 |
| 1,00 | 30 | 0,60 | 0,58 |
| 1,25 | 36 | 0,72 | 0,68 |
| 1,50 | 42 | 0,84 | 0,77 |
| 1,75 | 44 | 0,88 | 0,84 |
| 2,00 | 47 | 0,94 | 0,89 |
| 2,50 | 49 | 0,98 | 0,95 |
| 3,00 | 50 | 1,00 | 0,98 |

Aus dieser Zusammenstellung ist eine näherungsweise Übereinstimmung beider Reihen zu erkennen. Daß selbige nicht noch weitergehend ist, kommt daher, daß den theoretischen Gaußschen Ableitungen eine unendlich große Zahl von Einzelbeobachtungen zugrunde gelegt ist, daß daher Differenzen zwischen Theorie und Praxis um so eher zu erwarten sind, je kleiner die Zahl der zur Bildung von a verwendeten Einzeldaten ist, da unausgeglichene Zufälligkeiten dann eine immer größere Rolle zu spielen in der Lage sind.

Um nun für die folgenden Fehlerberechnungen und für die damit in Zusammenhang stehenden Erörterungen die nötigen Grundlagen zu schaffen, waren innerhalb einer Woche eine Serie von 50 Zählungen nach Bürker¹⁾ aus dem gleichen Kölbchen vorgenommen worden, deren

¹⁾ Wieviel Messungen bzw. Zählungen zur Bildung eines soliden, d. h. durch weitere Beobachtungen nicht mehr wesentlich verbesserungsfähigen Mittelwertes unbedingt erforderlich sind, darüber findet man keine allgemeinen Angaben in der Mathematik. Kohlrausch erläutert z. B. in seinem Lehrbuche der prakt. Physik den mittleren Fehler an einem Musterbeispiel von 10 Einzelbeobachtungen; Helmert fordert (erwähnt bei Vater l. c.) bei Erörterung der nahe verwandten Frage des Maximalfehlers 10, Czuber (Theorie der Beobachtungsfehler, 1891, S. 208) dafür 20 Einzelbeobachtungen als Mindestmaß. Ziehen wir nun daraus für die Erythrocytometrie unsere Folgerungen und setzen ebenfalls 20 Zählungen als unterste erlaubte Grenze für Fehlerberechnungen fest, seien aber vorsichtig und betrachten erst 30—50 Zählungen als Maß, das einen wissenschaftlich nicht mehr anfechtbaren Wert zu liefern imstande ist. Es wird immer richtiger sein, im Zweifelsfalle eine höhere Zahl zu wählen als eine zu kleine; denn nur der aus großen Versuchsreihen berechnete mittlere Fehler besitzt eine tatsächliche Bedeutung als Maßstab der Genauigkeit, d. h. der Vertrauenswürdigkeit unserer Beobachtungen und der daraus gewonnenen Mittelwerte (vgl. hierzu Koppe, Die Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, 1885, S. 57).

Ergebnisse, lediglich chronologisch geordnet, in folgender Tabelle wiedergegeben sind (vgl. Tabelle III):

Tabelle III.

| | | | | | | | | | |
|--------------------------|--------|-----------------------------|--------|-----------------------------|--------|-----------------------------|--------|-----------------------------|--------|
| T_1 | 1015 | T_{11} | 1035 | T_{21} | 1038 | T_{31} | 1031 | T_{41} | 1067 |
| T_2 | 1026 | T_{12} | 1026 | T_{22} | 1023 | T_{32} | 1019 | T_{42} | 1020 |
| T_3 | 1062 | T_{13} | 1032 | T_{23} | 1034 | T_{33} | 1048 | T_{43} | 1040 |
| T_4 | 1012 | T_{14} | 1071 | T_{24} | 1019 | T_{34} | 1022 | T_{44} | 1054 |
| T_5 | 1024 | T_{15} | 1042 | T_{25} | 1057 | T_{35} | 1040 | T_{45} | 1026 |
| T_6 | 1047 | T_{16} | 1040 | T_{26} | 1031 | T_{36} | 1025 | T_{46} | 1038 |
| T_7 | 1058 | T_{17} | 1055 | T_{27} | 1049 | T_{37} | 1066 | T_{47} | 1050 |
| T_8 | 1041 | T_{18} | 1069 | T_{28} | 1039 | T_{38} | 1025 | T_{48} | 1020 |
| T_9 | 1022 | T_{19} | 1041 | T_{29} | 1045 | T_{39} | 1049 | T_{49} | 1031 |
| T_{10} | 1078 | T_{20} | 1030 | T_{30} | 1047 | T_{40} | 1039 | T_{50} | 1055 |
| A. M. v. T_1-T_{10} | 1038,5 | A. M. v. $T_{11}-T_{20}$ | 1044,1 | A. M. v. $T_{21}-T_{30}$ | 1038,2 | A. M. v. $T_{31}-T_{40}$ | 1036,4 | A. M. v. $T_{41}-T_{50}$ | 1040,1 |

Der durchschnittliche Zellgehalt beträgt danach:

Tabelle IV.

| Arithmetische Teilmittel | | Arithmet. Generalmittel (T_1-T_{50}) |
|--------------------------|--------------------|---|
| $T_1 - T_{10}$ | ($= a_1$) 1038,5 | 1039,46 |
| $T_{11} - T_{20}$ | ($= a_2$) 1044,1 | |
| $T_{21} - T_{30}$ | ($= a_3$) 1038,2 | |
| $T_{31} - T_{40}$ | ($= a_4$) 1036,4 | |
| $T_{41} - T_{50}$ | ($= a_5$) 1040,1 | |

Tab. III gestattet nun schon einen Einwurf, den man gegen Bürker erhoben hatte, zu widerlegen, nämlich den der Verdunstungsgefahr. Wenn wirklich eine wesentliche Verdunstung beim jedesmaligen Mischen und der nur wenige Sekunden beanspruchenden Flüssigkeitsentnahme aus dem Kölbchen stattfände, dann müßten doch ganz entschieden die arithmetischen Mittel aus den ersten 10 und aus den letzten 10 Zählungen erhebliche Differenzen aufweisen; und zwar müßte a_5 , wenn ein Teil der Hayemschen Lösung verdunstet wäre, weit mehr Zellen enthalten wie a_1 . Diese beiden Teilmittel a_1 und a_5 sind jedoch gerade diejenigen, die dem Gesamtmittel aus allen 50 Zählungen, nämlich 1039,46, am nächsten stehen: sie betragen 1038,5 und 1040,1, während a_2 1044,1, a_3 1038,2 und a_4 1036,4 betragen. Das geringe Plus von anderthalb Körperchen bei a_5 ist nicht zu verwerten, da gerade die beiden vorangehenden Teilmittel a_3 und a_4 sogar einen niedrigeren Wert ergeben wie a selbst.

Betrachten wir nun einmal die 50 Zählergebnisse nicht vom Standpunkte des durchschnittlichen Fehlers (vgl. Tab. II), sondern nach ihrer absoluten Größe, so ergibt sich folgende Gruppierung (Tab. V):

Tabelle V.

| | | |
|--------------------|-----------|---------|
| Es liegen zwischen | 1011—1020 | 6 Fälle |
| „ „ „ | 1021—1030 | 10 „ |
| „ „ „ | 1031—1040 | 13 „ |
| „ „ „ | 1041—1050 | 10 „ |
| „ „ „ | 1051—1060 | 5 „ |
| „ „ „ | 1061—1070 | 4 „ |
| „ „ „ | 1071—1080 | 2 „ |

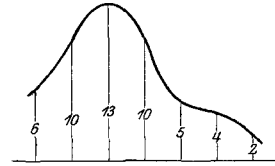


Abb. 1.

Ob das einer symmetrisch-gleichmäßigen Verteilung der Einzeldaten um ihren Mittelwert a entspricht, läßt sich sofort bei Konstruktion der entsprechenden Kurve übersehen.

Dabei ergibt sich eine Unregelmäßigkeit der Kurvenlinie in der Gegend der 5 und 4, die sicherlich nur auf die relative Kleinheit von n ($= 50$) zurückzuführen ist. Denn eine durchaus ebenmäßige Kurve erhält man sofort, wenn man die 650 (50×13) Reihenquersummen benützt. Die Häufigkeit der einzelnen Quersummen gibt Tab. VI an:

Tabelle VI.

| | | | | | |
|----|---------|----|----------|----|----------|
| 63 | 0 Fälle | 75 | 39 Fälle | 87 | 22 Fälle |
| 64 | 3 „ | 76 | 26 „ | 88 | 12 „ |
| 65 | 0 „ | 77 | 48 „ | 89 | 8 „ |
| 66 | 4 „ | 78 | 45 „ | 90 | 11 „ |
| 67 | 4 „ | 79 | 42 „ | 91 | 7 „ |
| 68 | 5 „ | 80 | 52 „ | 92 | 5 „ |
| 69 | 6 „ | 81 | 34 „ | 93 | 2 „ |
| 70 | 11 „ | 82 | 46 „ | 94 | 2 „ |
| 71 | 11 „ | 83 | 40 „ | 95 | 2 „ |
| 72 | 16 „ | 84 | 38 „ | 96 | 1 „ |
| 73 | 22 „ | 85 | 32 „ | 97 | 2 „ |
| 74 | 22 „ | 86 | 29 „ | 98 | 1 „ |

Tab. VII bietet in einer sog. „reduzierten Verteilungstafel“ eine Zusammenfassung von immer je 4 aufeinanderfolgenden Querreihen, deren Resultat die darauf folgende Kurve 2 veranschaulicht:

Tabelle VII.

| | | |
|--------------------|-----------|---------|
| Es liegen zwischen | 63 und 66 | 7 Fälle |
| „ „ „ | 67 „ 70 | 26 „ |
| „ „ „ | 71 „ 74 | 71 „ |
| „ „ „ | 75 „ 78 | 158 „ |
| „ „ „ | 79 „ 82 | 174 „ |
| „ „ „ | 83 „ 86 | 139 „ |
| „ „ „ | 87 „ 90 | 53 „ |
| „ „ „ | 91 „ 94 | 16 „ |
| „ „ „ | 95 „ 98 | 6 „ |

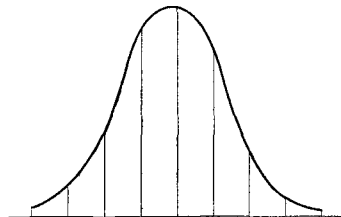


Abb. 2.

Seinerzeit hatte Hayem jede Kammerfüllung durch Capillarität abgelehnt, weil er der Ansicht war, daß sie keine gleichmäßige Füllung gewährleiste, da viele Körperchen vom Eintritt in den capillaren Raum

zurückgehalten würden. Man hätte sich demnach vorzustellen, daß es zunächst zu einer Blutkörperchenstauung vor der Eingangspforte käme; wenn dann der auf den Empfangspavillon gebrachte Tropfen größtenteils eingesogen sei, und die in der Kammer noch wirksamen capillaren Attraktionskräfte auch den Rest des außen befindlichen blutkörperchenangereicherten Tropfens hineinzögen, müßten diese letztgefüllten und dem Eingange nächstgelegenen Teile der Kammer viel zellreicher sein als die hinteren. Eine praktische Nachprüfung kann diese Hypothese für die Bürkersche Kammer in keiner Weise bestätigen: es wurden von allen 50 Kammerfüllungen erstens die dem Eingange nächstgelegenen Reihen und zweitens die hintersten Reihen addiert. Es ergab sich als arithmetisches Mittel für die vorderste 79,3 und für die hinterste Reihe 80,1 Zellen (das durchschnittliche Reihennittel für alle 650 Querreihen ist 79,9). Wenn ein konstanter Fehler im Sinne der Hayemschen Vermutungen wirksam wäre, dann müßte sich dieser durch seine 50-fache Summation im arithmetischen Mittel der vordersten Reihe in auffälliger Weise bemerkbar machen; es ist jedoch nicht das mindeste davon zu sehen!

Es soll nun weiter aus den in Tab. III zusammengestellten Einzelergebnissen der mittlere Fehler festgestellt werden, auf den man zu rechnen hat bei Bürker, wenn man durchschnittlich 1040 Zellen verwendet.

Zu diesem Zwecke ist es zunächst nötig, die Abweichungen der Einzelergebnisse von ihrem arithmetischen Mittel festzustellen und sich daraus die Fehlerquadrate zu verschaffen (s. Tab. VIII):

Tabelle VIII.

| | Anzahl der Zellen | Abweichungen | | Fehlerquadrate |
|-----------------|-------------------|--------------|------------|----------------|
| | | Genau | Abgerundet | |
| T ₁ | 1015 | — 24,46 | — 24,5 | 600,25 |
| T ₂ | 1026 | — 13,46 | — 13,5 | 182,25 |
| T ₃ | 1062 | + 22,54 | + 22,5 | 506,25 |
| T ₄ | 1012 | — 27,46 | — 27,5 | 756,25 |
| T ₅ | 1024 | — 15,46 | — 15,5 | 240,25 |
| T ₆ | 1047 | + 7,54 | + 7,5 | 56,25 |
| T ₇ | 1058 | + 18,54 | + 18,5 | 342,25 |
| T ₈ | 1041 | + 1,54 | + 1,5 | 2,25 |
| T ₉ | 1022 | — 17,46 | — 17,5 | 306,25 |
| T ₁₀ | 1078 | + 38,54 | + 38,5 | 1482,25 |
| T ₁₁ | 1035 | — 4,46 | — 4,5 | 20,25 |
| T ₁₂ | 1026 | — 13,46 | — 13,5 | 182,25 |
| T ₁₃ | 1032 | — 7,46 | — 7,5 | 56,25 |
| T ₁₄ | 1071 | + 31,54 | + 31,5 | 992,25 |
| T ₁₅ | 1042 | + 2,54 | + 2,5 | 6,25 |
| T ₁₆ | 1040 | + 0,54 | + 0,5 | 0,25 |

Tabelle VIII (Fortsetzung).

| | Anzahl der Zellen | Abweichungen | | Fehlerquadrate |
|-----------------|-------------------|--------------|------------|----------------|
| | | Genau | Abgerundet | |
| T ₁₇ | 1055 | + 15,54 | + 15,5 | 240,25 |
| T ₁₈ | 1069 | + 29,54 | + 29,5 | 870,25 |
| T ₁₉ | 1041 | + 1,54 | + 1,5 | 2,25 |
| T ₂₀ | 1030 | — 9,46 | — 9,5 | 90,25 |
| T ₂₁ | 1038 | — 1,46 | — 1,5 | 2,25 |
| T ₂₂ | 1023 | — 16,46 | — 16,5 | 272,25 |
| T ₂₃ | 1034 | — 5,46 | — 5,5 | 30,25 |
| T ₂₄ | 1019 | — 20,46 | — 20,5 | 420,25 |
| T ₂₅ | 1057 | + 17,54 | + 17,5 | 306,25 |
| T ₂₆ | 1031 | — 8,46 | — 8,5 | 72,25 |
| T ₂₇ | 1049 | + 9,54 | + 9,5 | 90,25 |
| T ₂₈ | 1039 | — 0,46 | — 0,5 | 0,25 |
| T ₂₉ | 1045 | + 5,54 | + 5,5 | 20,25 |
| T ₃₀ | 1047 | + 7,54 | + 7,5 | 56,25 |
| T ₃₁ | 1031 | — 8,46 | — 8,5 | 72,25 |
| T ₃₂ | 1019 | — 20,46 | — 20,5 | 420,25 |
| T ₃₃ | 1048 | + 8,54 | + 8,5 | 72,25 |
| T ₃₄ | 1022 | — 17,46 | — 17,5 | 306,25 |
| T ₃₅ | 1040 | + 0,54 | + 0,5 | 0,25 |
| T ₃₆ | 1025 | — 14,46 | — 14,5 | 210,25 |
| T ₃₇ | 1066 | + 26,54 | + 26,5 | 702,25 |
| T ₃₈ | 1025 | — 14,46 | — 14,5 | 210,25 |
| T ₃₉ | 1049 | + 9,54 | + 9,5 | 90,25 |
| T ₄₀ | 1039 | — 0,46 | — 0,5 | 0,25 |
| T ₄₁ | 1067 | + 27,54 | + 27,5 | 756,25 |
| T ₄₂ | 1020 | — 19,46 | — 19,5 | 380,25 |
| T ₄₃ | 1040 | + 0,54 | + 0,5 | 0,25 |
| T ₄₄ | 1054 | + 14,54 | + 14,5 | 210,25 |
| T ₄₅ | 1026 | — 13,46 | — 13,5 | 182,25 |
| T ₄₆ | 1038 | — 1,46 | — 1,5 | 2,25 |
| T ₄₇ | 1050 | + 10,54 | + 10,5 | 110,25 |
| T ₄₈ | 1020 | — 19,46 | — 19,5 | 380,25 |
| T ₄₉ | 1031 | — 8,46 | — 8,5 | 72,25 |
| T ₅₀ | 1055 | + 15,54 | + 15,5 | 240,25 |
| | | 657,92 | | 12634,50 |

Nun ist $m = \sqrt{\frac{[v v]}{n-1}}$, also $m = \sqrt{\frac{12634,50}{49}} = \sqrt{257,85} = 16,058$ Zellen.

Drücken wir das in Prozenten des Mittelwertes aus, so ergibt sich:

$$m = 1,5\% \text{ (genauer } 1,5448\%).$$

Dieser Wert hängt zunächst vollkommen in der Luft, d. h. bleibt unanschaulich, solange wir ihn nicht mit einer anderen Größe vergleichen. Rechnen wir daher diesen mittleren Fehler einmal um in den wahr-

scheinlichen Fehler, um ihn dann mit dem Abbéschen theoretischen wahrscheinlichen Fehler zu vergleichen¹⁾.

Wie anderorts ausgeführt (vgl. Diss., S. 84—85), ist

$$r = m \cdot (\varrho \cdot \sqrt{2})^2,$$

$$r = m \cdot 0,67449$$

$$r = 1,5448 \cdot 0,67449$$

$$= 1,0\% \text{ (genauer } 1,0419\%).$$

¹⁾ In einem sehr großen Teil der älteren Literatur über Erythrocytometrie findet man nicht den mittleren, sondern den wahrscheinlichen Fehler angegeben. Dieser wahrscheinliche Fehler, der von dem Astronomen Bessel in die Wissenschaft eingeführt und zunächst in der Astronomie viel angegeben wurde, durch Untersuchungen von Gauß und Enke jedoch wieder entthront worden ist, wurde seit den grundlegenden Untersuchungen, die Abbé über seine Größe bei Blutkörperchenzählungen angestellt hatte, von vielen Autoren ausschließlich angegeben, z. B. von Thoma. Erst in neuerer Zeit vollzieht sich in dieser Beziehung eine Wandlung und man begegnet in der hämatologischen Literatur auch dem mittleren Fehler.

Dieser Übergang zum mittleren Fehler ist ganz allgemein in allen Wissenschaften zu finden, die sich der Ausgleichsrechnung bedienen. Bei geodätischen Untersuchungen, bei denen die Methode der kleinsten Quadrate gegenwärtig in größtem Maßstabe angewandt wird, findet man nur noch den mittleren Fehler angegeben. Für die exakte Erbliehkeitslehre kommt Johannsen (Elemente der exakten Erbliehkeitslehre mit Grundzügen der Variationsstatistik, Jena 1913) auf Grund eingehender Untersuchungen zu dem Schlusse, daß es „richtiger und klarer“ ist, immer nur mit dem mittleren Fehler zu operieren (S. 265). In einer neueren Arbeit über Holzmeßkunde hat sich Kunze (Untersuchungen über die Genauigkeit der Inhaltsberechnung der Stämme aus Mittenstärke und Länge, 1912) ausschließlich des mittleren Fehlers bedient. Von Vater, der die Methode der kleinsten Quadrate im Jahre 1902 auf die Bodenkulturversuche übertrug und der ihre Berechtigung und Brauchbarkeit für diesen Wissenschaftszweig seither in mehreren Abhandlungen dargetan hat, wird neuerdings (1918) vorgeschlagen, auch hier nur den mittleren Fehler anzugeben, „um in allen Fällen eine Angabe gleicher Art machen zu können“. (Die Ausgleichsrechnung bei Bodenkulturversuchen, S. 70.) Nicht ganz ohne Einfluß auf diesen allmählichen Wechsel mag das Buch von Jordan (Handbuch der Vermessungskunde, 5. Aufl., 1. Band, 1904) gewesen sein, aus dem, der hohen Auflage nach zu schließen, ein recht erheblicher Prozentsatz der jetzt diese Methode gebrauchenden Forscher ihre erste Kenntnis der Ausgleichsrechnung bezogen haben mag. Im Verlaufe seiner lichtvollen Darstellung der Methode der kleinsten Quadrate zitiert Jordan einen Ausspruch von Gauß, wo dieser den „sogenannten wahrscheinlichen Fehler ganz proskribiert zu sehen“ wünscht; infolgedessen befaßt sich Jordan fast nur mit dem mittleren Fehler. Auch Czuber folgert aus seinen rein-mathematischen Überlegungen, daß der mittlere Fehler die sicherste Beurteilung der Genauigkeit bietet (Theorie der Beobachtungsfehler, 1891, S. 182). Bruns (Wahrscheinlichkeitsrechnung und Kollektivmaßlehre 1906, S. 123) faßt abschließend seine Meinung über die wahrscheinliche Abweichung dahin zusammen, daß man selbige jetzt „ruhig dahin verweisen könne, wohin sie gehört, nämlich in die Sammlung der historischen Altertümer“.

²⁾ Näheres über ϱ vgl. Jordan, 1904, Band I, S. 543ff.

Nach Abbé erhalten wir für den theoretisch kleinstmöglichen wahrscheinlichen Fehler bei Zählung von 1039,5 Zellen

$$\begin{aligned} r &= \frac{0,674}{\sqrt{n}} \text{ } ^1), \\ &= \frac{0,674}{\sqrt{1039,5}} = 0,020904, \\ r &= 2,0 \% \text{ (genauer } 2,0904 \%); \end{aligned}$$

d. h. also: der wahrscheinliche Fehler fällt hier bei Bürker genau 50% niedriger aus wie der nach Abbé berechnete.

Es ist das ein Ergebnis, das in höchstem Maße auffällig und beachtlich ist. Man wird sich hier wohl den Tatsachen beugen und anerkennen müssen, daß die Bürkersche Methodik, deren Charakteristika:

1. die Art der Mischung und Übertragung und
2. die Verteilung der Blutkörperchen über die Zählfläche hin durch Capillarität darstellen,

genauere Resultate zu liefern imstande ist wie die alte Thomasche Methodik.

Des Hervorhebenswerten ist aber damit noch nicht genug! Es war nämlich schon Reinert (S. 56) aufgefallen, daß beispielsweise bei Durchmusterung von 200 Quadraten mit durchschnittlich 1325 Zellen, wobei 100 Einzelbeobachtungen zugrunde gelegt waren, der gefundene wahrscheinliche Fehler auch für Thoma kleiner war wie der theoretisch-errechnete (gefunden: $\pm 1,3009\%$; theoretisch: $\pm 1,82\%$); allerdings war er da nur um $\frac{1}{4}$ kleiner, während er hier um die gute Hälfte (um 50,158%!) kleiner ist. Reinert gibt an Ort und Stelle seiner lebhaften Verwunderung über diese eigenartige und befremdliche Tatsache Ausdruck, ohne freilich für diese Differenz eine vollkommen befriedigende Erklärung abgeben zu können.

Ohne Zweifel wird man der Abbéschen Formel zugute halten müssen, daß sie, da sie ja reine Theorie ist, auch die Möglichkeit extrem-hoher Fehler, die ja, wie an anderer Stelle entwickelt, das Resultat ganz besonders zu drücken pflegen, weitgehend und unparteiisch berücksichtigt; nun gibt jedoch schon Reinert an, daß er extrem-hohe Fehler von vornherein zu vermeiden tunlichst bestrebt war, daß er beispielsweise jedes Präparat, bei dem schon bei bloßer Besichtigung irgendeine Unregelmäßigkeit in der Zellverteilung wahrnehmbar war, verwarf und durch ein neues ersetzte. In gleicher Weise haben wir uns natürlich auch bei Bürker einer peinlichen Genauigkeit bei all den kleinen Handgriffen befließigt, speziell stets 2 volle Minuten nach der Uhr gemischt, den Korken nur wenige

¹⁾ Abbé bezeichnet in seinen Darlegungen mit n immer die Summe der gezählten Zellen und ist diese Benennung hier beibehalten worden, während n an allen übrigen Stellen dieses Aufsatzes die Anzahl der zur Bildung des betreffenden Mittelwertes verwandten Einzelgrößen bedeutet.

Sekunden zum Aufsaugen in die Übertragungspipette gehoben, um keinen Verdunstungsfehler aufkommen zu lassen und 3. alle Präparate, bei denen die Kammerfüllung makroskopisch in irgendeinem Punkte nicht befriedigte, ausgeschlossen. Sicherlich ist das ein Grund, weshalb wir hinter der theoretisch-erlaubten Fehlerhöhe hier soweit zurückgeblieben sind.

Noch einen zweiten Punkt möchte ich zur Erklärung heranziehen, das ist die bei häufiger Wiederholung aller Technizismen sich einstellende große Übung, die gleichfalls fehlerherabmindernd wirkt. Verfasser verfügt z. B. aus dem Jahre 1914, wo er noch völlig unvertraut mit der Blutkörperchenzählung war, über eine Serie von 10 Zählungen des gleichen Blutes nach Bürker; jede umfaßt durchschnittlich 1052 Zellen. Auch damals war schon der Abbésche Fehler etwas größer als der praktisch-errechnete, die Differenz machte jedoch nur ein Siebentel aus. Die in der Zwischenzeit erworbene manuelle Geschicklichkeit und Sicherheit in der numerischen Blutanalyse wird höchstwahrscheinlich auch in bescheidenem Maße an der Herabsetzung des Fehlers beteiligt sein.

Drittens spielt eine Rolle, daß die Fehlerberechnung jetzt auf einer viel breiteren Grundlage aufgebaut ist als 1914, wo nur 10 Zählungen verwendet werden konnten. Je größer n , d. h. die Zahl der Einzelbeobachtungen, wird, um so leichter werden extrem-hohe Fehler wieder etwas ausgeglichen und gewissermaßen vertuscht werden. Dann fällt aber noch mehr ins Gewicht, daß die Reinertsche Differenz von $\frac{1}{4}$ zwischen Theorie und Praxis für den Thomaschen Apparat aus 100 Einzelbeobachtungen gewonnen wurde, während wir unsere Differenz von $\frac{1}{2}$ aus nur 50 Einzelbeobachtungen erhalten haben.

Jedenfalls ist auf letzteres Ergebnis einiger Wert zu legen und erblicke ich daher einen besonderen Vorzug der Bürkerschen Kammer darin, daß sie bei der vereinfachten Handhabung auch noch ein genaueres Resultat zu liefern imstande ist als Thoma.

Tab. VIII bietet übrigens Gelegenheit, die Zahlen von Tab. II nachzuprüfen. Die einfachen Abweichungen¹⁾ werden summiert und t , weil es sich um scheinbare Fehler handelt, nach folgender Formel berechnet:

$$t = \frac{[\pm v]}{\sqrt{n(n-1)}} = \frac{657,92}{\sqrt{50 \cdot 49}},$$

$$t = \frac{657,92}{\sqrt{2450}} = 14,101;$$

t demnach = 14 Zellen. Hiernach sind dann die Intervalle von $a + 0,25 t$ bis $a - 0,25 t$, von $a + 0,5 t$ bis $a - 0,5 t$ usw. zu ermitteln.

¹⁾ Zur Berechnung von t sind die genauen Abweichungen benutzt worden; dagegen waren zur Gewinnung von m die Abweichungen zur Vereinfachung der ohnehin weitschweifigen Rechnung auf eine Dezimale abgerundet worden, die dann durchgehend 0,5 lautet; die Quadrierungen wurden alsdann unter Benutzung von Tabelle VII der Wittsteinschen Logarithmentafeln vorgenommen.

Wenn eben erwähnt wurde, daß die Abweichungen zur Gewinnung von m auf eine Dezimale aufgerundet wurden, so ist damit a mit 1039,5 anzusetzen. Diese geringe und allem Anscheine nach ganz unwesentliche Abrundung um $\pm 0,04$ läßt jedoch schon nicht mehr die Anwendung von Formel $[v] = 0$ als Prüfungsmittel für die Richtigkeit von a zu. Wenn $a = 1039,46$ Zellen, dann ergibt die Summe der positiven Abweichungen $+ 323,96$, die Summe der negativen $- 323,96$; also:

$$[v] = 0, \quad \text{d. h.} \quad + 323,96 - 323,96 = 0.$$

Wird dagegen $a = 1039,5$ angesetzt, so erhält man für die Summe der positiven Fehler $+323$, für die Summe der negativen -325 .

Auf Grund eigener Beobachtungen und Berechnungen hatte Bürker im Jahre 1905 angegeben (Arch. f. d. ges. Physiol. 107), daß bei seiner Kammer schon 80 Quadrate zur Erzielung eines brauchbaren Mittelwertes genügend seien; das würde, normales Blut vorausgesetzt, die Verwertung von ungefähr 500 Zellen ausmachen. Reinert hatte dagegen aus seinen ausgedehnten Rechnungen gefolgert, daß bei normalem Blute (und nota bene der gleichen Verdünnung wie bei Bürker) die Zählung von 200 Quadraten ein „dem erreichbaren Grad von Genauigkeit schon sehr nahekommendes Resultat zu liefern imstande ist“ (S. 62), fordert also damit die Verwertung von 1500 Zellen.

Um festzustellen, ob tatsächlich die 80 Quadrate genügen, wurde von den 50 Zählungen für alle einzelnen Quersummen der mittlere

Fehler des Mittelwertes (Formel: $M = \sqrt{\frac{[v v]}{n(n-1)}}$) berechnet und die Einzelergebnisse zu jeweiligen arithmetischen Generalmitteln vereinigt.

Für unsere Rechnungen sind wir vom Zellinhalt des einzelnen Quadrates ausgegangen, haben dann die Summe der Fehlerquadrate gebildet und danach den mittleren Fehler des Mittelwertes für diese Reihe berechnet, dann M für die erste bis zweite Reihe, dann für die erste bis dritte Reihe usw. usw.

Also Beispiel: die Einzelinhalte der 13 Zählquadrate sind folgende: 5, 7, 3, 6, 7, 4, 9, 5, 7, 1, 10, 7, 9. Die Quersumme beträgt 80, das arithmetische Mittel für ein Zählquadrat demnach 6,2. Die dazugehörigen Fehlerquadrate sind folgende: 1,44; 0,64; 10,24; 0,04; 0,64; 7,84; 1,44; 0,64; 4,84; 27,04; 14,44; 0,64; 7,84. Die Summe der Fehlerquadrate beträgt 77,72.

Es entstand nun für uns die Frage: Ist es nötig, vom genauen (resp. vom genaueren¹⁾ arithmetischen Mittel auszugehen, oder ist es erlaubt, auf ganze Zahlen abzurunden, im vorliegenden Falle also den durchschnittlichen Zählflächeninhalt mit 6 anzusetzen und danach die Fehlerquadrate zu bilden?

¹⁾ Der Divisor 13 gibt ja in den meisten Fällen unendliche Brüche, so daß das wirklich genaue arithmetische Mittel im Dezimalsystem überhaupt nicht ausdrückbar ist

A priori muß man sich hier sagen, daß das abgerundete Mittel eine größere Fehlerquadratsumme geben wird als das genauere; denn ein Teil des G. G. besagt ja eben, daß beim Vorhandensein einer größeren Zahl von Einzelbeobachtungen (Messungen, Zählungen, Wägungen usw.) das arithmetische Mittel daraus diejenige Größe ist, für die $[\varepsilon \varepsilon] = \text{Min.}$ gilt. So müssen wir also erwarten, daß der abgerundete, d. h. ungenauere Mittelwert eine größere Fehlerquadratsumme gibt als der genauere. Es ist daher nur durch eine längere Reihe von einander gegenübergestellten Doppelzählungen möglich, zu entscheiden, ob die Abrundung des Zählflächeninhaltes trotzdem erlaubt ist.

Tab. IX gibt zur Veranschaulichung der Rechenmethodik die Aufstellung der Fehlerquadrate bei Unterlegung des genaueren und Tab. X des abgerundeten Zählquadratinhaltes für eine beliebig herausgegriffene Kammerfüllung wieder: Tab. XI stellt die erhaltenen Summen der Fehlerquadrate einander gegenüber.

Tabelle IX.

| | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1,44 | 0,25 | 0,09 | 4,84 | 14,44 | 13,69 | 0,81 | 0,04 | 4,41 | 1,21 | 1,96 | 2,56 | 0,01 |
| 0,64 | 0,25 | 0,09 | 1,44 | 1,44 | 13,69 | 8,41 | 1,44 | 8,41 | 0,81 | 0,16 | 5,76 | 0,01 |
| 10,24 | 0,25 | 1,69 | 7,84 | 0,64 | 1,69 | 4,41 | 0,04 | 0,81 | 0,81 | 5,76 | 1,96 | 3,61 |
| 0,04 | 0,25 | 1,69 | 7,84 | 0,04 | 2,89 | 1,21 | 10,24 | 15,21 | 0,01 | 0,16 | 2,56 | 1,21 |
| 0,64 | 2,25 | 0,49 | 1,44 | 0,04 | 0,49 | 9,61 | 0,04 | 0,01 | 1,21 | 1,96 | 1,96 | 15,21 |
| 7,84 | 0,25 | 0,09 | 17,64 | 0,64 | 7,29 | 3,61 | 4,84 | 4,41 | 0,01 | 6,76 | 6,76 | 0,01 |
| 1,44 | 0,25 | 2,89 | 10,24 | 4,84 | 5,29 | 3,61 | 7,84 | 0,81 | 4,41 | 1,96 | 6,76 | 0,81 |
| 0,64 | 30,25 | 0,09 | 23,04 | 7,84 | 1,69 | 0,01 | 0,04 | 1,21 | 0,01 | 6,76 | 11,56 | 4,41 |
| 4,84 | 0,25 | 5,29 | 1,44 | 0,04 | 0,09 | 0,81 | 7,84 | 1,21 | 0,81 | 0,16 | 0,36 | 4,41 |
| 27,04 | 0,25 | 0,09 | 3,24 | 4,84 | 5,29 | 0,81 | 4,84 | 0,01 | 0,01 | 0,16 | 0,36 | 1,21 |
| 14,44 | 0,25 | 22,09 | 0,64 | 1,44 | 10,89 | 1,21 | 3,24 | 0,01 | 0,01 | 0,36 | 0,16 | 1,21 |
| 0,64 | 2,25 | 0,09 | 7,84 | 10,24 | 0,09 | 0,81 | 7,84 | 4,41 | 3,61 | 2,56 | 0,36 | 0,81 |
| 7,84 | 2,25 | 0,09 | 4,84 | 7,84 | 1,69 | 9,61 | 1,44 | 0,01 | 0,01 | 0,36 | 1,96 | 0,01 |
| 77,72 | 39,25 | 34,77 | 92,32 | 54,32 | 64,77 | 44,93 | 49,72 | 40,93 | 12,93 | 29,08 | 43,08 | 32,93 |

Tabelle X.

| | | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 1 | 1 | 4 | 16 | 16 | 1 | 0 | 4 | 1 | 1 | 4 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 16 | 9 | 1 | 9 | 1 | 0 | 4 | 0 |
| 9 | 1 | 0 | 9 | 1 | 1 | 4 | 0 | 1 | 1 | 4 | 1 | 4 |
| 0 | 1 | 0 | 9 | 0 | 4 | 1 | 9 | 16 | 0 | 0 | 4 | 1 |
| 1 | 4 | 1 | 1 | 0 | 1 | 9 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 16 |
| 4 | 1 | 0 | 16 | 1 | 9 | 4 | 4 | 4 | 0 | 9 | 9 | 0 |
| 9 | 0 | 4 | 9 | 4 | 4 | 4 | 9 | 1 | 4 | 1 | 9 | 1 |
| 1 | 25 | 0 | 25 | 9 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 9 | 9 | 4 |
| 1 | 0 | 4 | 1 | 0 | 0 | 1 | 9 | 1 | 1 | 0 | 1 | 4 |
| 25 | 0 | 0 | 4 | 4 | 4 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 16 | 1 | 25 | 1 | 1 | 9 | 1 | 4 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 4 | 0 | 9 | 9 | 0 | 1 | 9 | 4 | 4 | 4 | 1 | 1 |
| 9 | 4 | 0 | 4 | 9 | 1 | 9 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 78 | 43 | 36 | 93 | 55 | 66 | 45 | 50 | 41 | 13 | 31 | 45 | 33 |

Tabelle XI.

| | | Genaue Summen | Abgerundete Summen |
|--------|-------|---------------|--------------------|
| 1. | Reihe | 77,72 | 78 |
| 1.—2. | „ | 116,97 | 121 |
| 1.—3. | „ | 151,74 | 157 |
| 1.—4. | „ | 244,06 | 250 |
| 1.—5. | „ | 298,38 | 305 |
| 1.—6. | „ | 363,15 | 371 |
| 1.—7. | „ | 408,08 | 416 |
| 1.—8. | „ | 457,80 | 466 |
| 1.—9. | „ | 498,73 | 507 |
| 1.—10. | „ | 511,66 | 520 |
| 1.—11. | „ | 540,74 | 551 |
| 1.—12. | „ | 583,82 | 596 |
| 1.—13. | „ | 616,75 | 629 |

In der angegebenen Weise wurde nun diese Doppelrechnung für die 10 Kammerfüllungen T_1 bis T_{10} durchgeführt, die der Raumersparnis halber hier im einzelnen nicht angeführt werden sollen, und dann der mittlere Fehler des Mittelwertes nach der oben erwähnten Formel für die erste Querreihe, dann für die 1.—2., dann für die 1.—3. Querreihe usw. berechnet. Auf die Wiedergabe der beiden ziemlich umfangreichen Tabellen, deren eine unter Zugrundelegung des genauen und deren andere unter Zugrundelegung des abgerundeten Zählquadrat-inhaltes gewonnen wurde, muß verzichtet und auf die Dissertation selbst verwiesen werden. Die hieraus gewonnenen arithmetischen Mittel gibt Tab. XII wieder.

Tabelle XII.

| | | Arithmetisches Mittel aus den 10 Kammerfüllungen T_1 bis T_{10} bei Zugrundelegung | |
|--------|-------|---|---|
| | | des genauen Inhaltes eines Zählflächeneinzel- quadrates zur Bildung von $[v v]$ | des auf Ganze abgerun- deten Inhaltes des Zähl- flächeneinzelquadrates zur Bildung von $[v v]$ |
| 1. | Reihe | 0,58652 | 0,59375 |
| 1.—2. | „ | 0,41959 | 0,42327 |
| 1.—3. | „ | 0,33303 | 0,33715 |
| 1.—4. | „ | 0,28879 | 0,29210 |
| 1.—5. | „ | 0,25290 | 0,25598 |
| 1.—6. | „ | 0,22976 | 0,23250 |
| 1.—7. | „ | 0,20986 | 0,21199 |
| 1.—8. | „ | 0,19437 | 0,19578 |
| 1.—9. | „ | 0,18222 | 0,18485 |
| 1.—10. | „ | 0,17480 | 0,17687 |
| 1.—11. | „ | 0,16609 | 0,16817 |
| 1.—12. | „ | 0,15811 | 0,16004 |
| 1.—13. | „ | 0,15105 | 0,15289 |

Die aus Tab. XII auf den ersten Blick ersichtliche weitgehende mathematische Ähnlichkeit beider Reihen wird bei Aufrundung auf eine Dezimale noch augenscheinlicher und geht dann in vollständige mathematische Identität über (s. Tab. XIII).

Tabelle XIII.

| | | | |
|--------|-------|-----|-----|
| 1. | Reihe | 0,6 | 0,6 |
| 1.—2. | „ | 0,4 | 0,4 |
| 1.—3. | „ | 0,3 | 0,3 |
| 1.—4. | „ | 0,3 | 0,3 |
| 1.—5. | „ | 0,3 | 0,3 |
| 1.—6. | „ | 0,2 | 0,2 |
| 1.—7. | „ | 0,2 | 0,2 |
| 1.—8. | „ | 0,2 | 0,2 |
| 1.—9. | „ | 0,2 | 0,2 |
| 1.—10. | „ | 0,2 | 0,2 |
| 1.—11. | „ | 0,2 | 0,2 |
| 1.—12. | „ | 0,2 | 0,2 |
| 1.—13. | „ | 0,2 | 0,2 |

Es folgt also hieraus, daß, unbeschadet der Genauigkeit, das auf ganze Zahlen abgerundete arithmetische Mittel des Einzelzählquadrates zum Ausgangspunkte für die Bildung der Fehlerquadrate genommen werden kann; es bedeutet das eine wesentlich zeitsparende angenehme Vereinfachung der ohnehin weitschweifigen Rechnung. Für die folgenden 40 Zählungen wurden die Fehlerberechnungen daher stets in der letzt-erwähnten Weise vorgenommen. Auch hier muß von der Reproduktion der in Serien von je 10 zusammengestellten größeren Tabellen mit Rücksicht auf die Papiernot Abstand genommen werden; die Resultate dieser 4 Tabellen findet man zusammengefaßt in Tab. XIV.

Tabelle XIV.

| | T_1-T_{10} | $T_{11}-T_{20}$ | $T_{21}-T_{30}$ | $T_{31}-T_{40}$ | $T_{41}-T_{50}$ | Summe | A. M. | Abger. |
|----------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------|---------|--------|
| 1. Reihe | 0,59375 | 0,51534 | 0,52696 | 0,59382 | 0,56924 | 2,79911 | 0,55982 | 0,6 |
| 1.—2. „ | 0,42327 | 0,34915 | 0,35390 | 0,39400 | 0,39243 | 1,91275 | 0,38255 | 0,4 |
| 1.—3. „ | 0,33715 | 0,28779 | 0,29801 | 0,30834 | 0,32310 | 1,55439 | 0,31088 | 0,3 |
| 1.—4. „ | 0,29210 | 0,26089 | 0,26056 | 0,26993 | 0,26982 | 1,35330 | 0,27066 | 0,3 |
| 1.—5. „ | 0,25598 | 0,23387 | 0,23974 | 0,24064 | 0,23868 | 1,20891 | 0,25178 | 0,3 |
| 1.—6. „ | 0,23250 | 0,21741 | 0,22087 | 0,21655 | 0,21456 | 1,10189 | 0,22038 | 0,2 |
| 1.—7. „ | 0,21199 | 0,20560 | 0,20189 | 0,20273 | 0,19994 | 1,02215 | 0,20443 | 0,2 |
| 1.—8. „ | 0,19578 | 0,19169 | 0,18748 | 0,18690 | 0,18481 | 0,94466 | 0,18933 | 0,2 |
| 1.—9. „ | 0,18485 | 0,17955 | 0,17623 | 0,17968 | 0,17538 | 0,89569 | 0,17914 | 0,2 |
| 1.—10. „ | 0,17687 | 0,17156 | 0,16646 | 0,17028 | 0,16735 | 0,85252 | 0,17050 | 0,2 |
| 1.—11. „ | 0,16817 | 0,16412 | 0,15877 | 0,16311 | 0,16086 | 0,81503 | 0,16301 | 0,2 |
| 1.—12. „ | 0,16004 | 0,15912 | 0,15353 | 0,15460 | 0,15355 | 0,78084 | 0,15617 | 0,2 |
| 1.—13. „ | 0,15289 | 0,15197 | 0,14771 | 0,15004 | 0,14799 | 0,75060 | 0,15012 | 0,2 |

Was besagt nun diese Tabelle XIV? Man sieht, daß der mittlere Fehler des Mittelwertes anfangs bis zur Summe der 1.—5. Reihe, d. h. bis zur Verwertung von 65 Zählquadraten schnell sinkt, daß er bei Verwertung der 1.—6. Reihe, also bei 78 Quadraten, bereits den Wert erreicht hat, über den er auch bei Verwendung von 169 Quadraten (Reihe 1—13) nicht mehr herunterkommt.

Wir können somit auf Grund unserer Untersuchungen durchaus bestätigen, daß bei der Bürkerschen Methodik die Durchzählung von 80 Quadraten ausreicht, um einen brauchbaren Mittelwert zu erhalten.

Bei graphischer Darstellung der Resultate von Tab. XIV würde sich eine parabelähnliche Kurve ergeben, die anfangs steil abfällt, dann immer flacher ausläuft, um sich asymptotisch der Abszissenachse zu nähern, ohne sie je zu erreichen, d. h. der mittlere Fehler des Mittelwertes wird nie = 0 werden können, außer wenn die Anzahl der gezählten Zellen = ∞ ist.

Daß wir zu dem gleichen Ergebnis gelangen wie Bürker, ist noch aus einem anderen Grunde beachtlich: Bürker selbst ist für seine Fehlerberechnungen nicht von den Einzelzählquadraten ausgegangen; mit um so größerer Genugtuung wird man daher vermerken können, wenn man auf einem anderen, weiteren Wege zu einem völlig gleichen Ergebnis gelangt wie Bürker.

80 Quadrate wären somit bei Ausschluß stärkerer Anämien ausreichend, um sich ein einigermaßen zuverlässiges Bild über den Erythrocytengehalt des Blutes zu verschaffen.

Es fragt sich nun, ob man sich auch für wissenschaftliche Zwecke mit diesen 80 Quadraten begnügen wird. Hier mag persönliche Gewöhnung, vor allem aber das mehr oder weniger große Genauigkeitsbestreben des jeweiligen Untersuchers ausschlaggebend sein; ich selbst bin seit mehreren Jahren so vorgegangen, daß ich mich auf 80 Quadrate (40 in jeder Kammer) nur für rasche Orientierung am Krankenbette beschränkt habe, für genaue Untersuchungen jedoch meist 2 Kammern ausgezählt und dann 320 Quadrate verwertet habe. Ebenso pflegt Bürker selbst vorzugehen.

Es folgen nun weiter die Resultate einer Serie von 30 Zählungen desselben Blutes nach Bürker (B_1 bis B_{30}), die innerhalb von 5 Tagen vorgenommen worden sind. Die durchgeführten Fehlerbestimmungen bestätigen in jeder Weise die Ergebnisse von Serie T_1 bis T_{50} und geben somit den Folgerungen, die wir oben aus dieser Serie (T_1 bis T_{50}) gezogen hatten, erhöhten Nachdruck.

Tab. XV gibt zunächst eine Zusammenstellung der 30 Einzelzählungen B_1 bis B_{30} , ferner enthält sie die jeweiligen Abweichungen vom arithmetischen Mittel und endlich die Fehlerquadrate.

Tabelle XV.

| Serie | Zahl der Zellen | Arithmet. Mittel | Abweichung | Fehler- quadrate |
|-----------------|--------------------|---------------------|------------|---------------------|
| B ₁ | 1006 | 1013,9 | — 7,9 | 62,41 |
| B ₂ | 1036 | | + 22,1 | 488,41 |
| B ₃ | 1005 | | — 8,9 | 79,21 |
| B ₄ | 1018 | | + 4,1 | 16,81 |
| B ₅ | 991 | | — 22,9 | 524,41 |
| B ₆ | 1037 | | + 23,1 | 533,61 |
| B ₇ | 1029 | | + 15,1 | 228,01 |
| B ₈ | 1004 | | — 9,9 | 98,01 |
| B ₉ | 1012 | | — 1,9 | 3,61 |
| B ₁₀ | 1030 | | + 16,1 | 259,21 |
| B ₁₁ | 1027 | | + 13,1 | 171,61 |
| B ₁₂ | 981 | | — 32,9 | 1082,41 |
| B ₁₃ | 1001 | | — 12,9 | 166,41 |
| B ₁₄ | 990 | | — 23,9 | 571,21 |
| B ₁₅ | 1021 | | + 7,1 | 50,41 |
| B ₁₆ | 1016 | | + 2,1 | 4,41 |
| B ₁₇ | 1024 | | + 10,1 | 102,01 |
| B ₁₈ | 1036 | | + 22,1 | 488,41 |
| B ₁₉ | 1016 | | + 2,1 | 4,41 |
| B ₂₀ | 1016 | | + 2,1 | 4,41 |
| B ₂₁ | 1022 | | + 8,1 | 65,61 |
| B ₂₂ | 988 | | — 25,9 | 670,81 |
| B ₂₃ | 1021 | | + 7,1 | 50,41 |
| B ₂₄ | 1018 | | + 4,1 | 16,81 |
| B ₂₅ | 1025 | | + 11,1 | 123,21 |
| B ₂₆ | 1010 | | — 3,9 | 15,21 |
| B ₂₇ | 1000 | | — 13,9 | 193,21 |
| B ₂₈ | 1017 | | + 3,1 | 9,61 |
| B ₂₉ | 995 | | — 18,9 | 357,21 |
| B ₃₀ | 1025 | | + 11,1 | 123,21 |

Wiederum dient uns die Formel $[v] = 0$ als Rechenkontrolle für die Richtigkeit des arithmetischen Mittels, d. h. die Summe der positiven und negativen Abweichungen muß = 0 sein:

$$+ 183,8 - 183,8 = 0.$$

Der mittlere Fehler berechnet sich alsdann nach der Formel

$$m = \sqrt{\frac{[v v]}{n - 1}},$$

$$m = \sqrt{\frac{6564,70}{29}},$$

$$= 15,046 \text{ Zellen} = 1,4839\%.$$

Wiederum führen wir den mittleren in den wahrscheinlichen Fehler über und erhalten dann: $r = 1,0009\%$,

r (nach Abbés theoretischer Formel) = 2,1167%.

Also auch hier gibt die Bürkersche Kammer ein um reichlich 50% besseres Resultat als das nach Abbé bei Thoma theoretisch überhaupt bestmögliche.

Die nächste Tabelle (Tab. XVI) bietet eine Übersicht über die Fehlerquadrate aller 30 Zählungen: sie bildet ferner die Grundlage für die anschließenden Berechnungen von M , d. h. für die Berechnung des mittleren Fehlers des Mittelwertes, der dann seinerseits aus Tab. XVII ersichtlich ist.

Tabelle XVI.

| | 1. R. | 1. bis 2. R. | 1. bis 3. R. | 1. bis 4. R. | 1. bis 5. R. | 1. bis 6. R. | 1. bis 7. R. | 1. bis 8. R. | 1. bis 9. R. | 1. bis 10. R. | 1. bis 11. R. | 1. bis 12. R. | 1. bis 13. R. |
|-----------------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| B ₁ | 66 | 126 | 172 | 232 | 269 | 312 | 385 | 419 | 481 | 548 | 602 | 659 | 693 |
| B ₂ | 37 | 70 | 139 | 162 | 218 | 279 | 358 | 403 | 446 | 523 | 555 | 626 | 652 |
| B ₃ | 37 | 81 | 128 | 163 | 196 | 239 | 307 | 338 | 362 | 405 | 459 | 508 | 530 |
| B ₄ | 42 | 61 | 113 | 152 | 188 | 257 | 290 | 347 | 390 | 439 | 490 | 535 | 573 |
| B ₅ | 49 | 108 | 151 | 196 | 220 | 251 | 337 | 377 | 421 | 473 | 514 | 568 | 621 |
| B ₆ | 44 | 87 | 121 | 147 | 205 | 243 | 280 | 322 | 398 | 439 | 478 | 540 | 577 |
| B ₇ | 38 | 106 | 147 | 215 | 270 | 338 | 357 | 390 | 469 | 521 | 591 | 635 | 671 |
| B ₈ | 52 | 97 | 156 | 184 | 224 | 297 | 334 | 382 | 433 | 496 | 516 | 577 | 657 |
| B ₉ | 39 | 76 | 115 | 147 | 218 | 281 | 320 | 374 | 405 | 431 | 463 | 519 | 545 |
| B ₁₀ | 94 | 192 | 245 | 313 | 350 | 405 | 455 | 492 | 555 | 611 | 644 | 694 | 725 |
| B ₁₁ | 43 | 130 | 184 | 219 | 320 | 402 | 425 | 483 | 559 | 610 | 638 | 687 | 771 |
| B ₁₂ | 40 | 136 | 182 | 220 | 299 | 415 | 444 | 512 | 575 | 645 | 674 | 709 | 743 |
| B ₁₃ | 36 | 83 | 141 | 181 | 230 | 287 | 326 | 389 | 460 | 578 | 637 | 685 | 749 |
| B ₁₄ | 40 | 149 | 182 | 261 | 320 | 376 | 406 | 475 | 562 | 608 | 670 | 719 | 784 |
| B ₁₅ | 73 | 124 | 155 | 199 | 263 | 329 | 369 | 411 | 492 | 589 | 687 | 763 | 795 |
| B ₁₆ | 62 | 138 | 213 | 293 | 363 | 451 | 504 | 545 | 571 | 613 | 650 | 690 | 744 |
| B ₁₇ | 42 | 81 | 143 | 171 | 221 | 246 | 313 | 358 | 409 | 488 | 537 | 621 | 647 |
| B ₁₈ | 39 | 116 | 159 | 239 | 326 | 368 | 457 | 511 | 599 | 649 | 715 | 798 | 890 |
| B ₁₉ | 47 | 82 | 143 | 178 | 266 | 296 | 338 | 406 | 463 | 520 | 545 | 638 | 679 |
| B ₂₀ | 54 | 131 | 210 | 241 | 296 | 384 | 419 | 471 | 549 | 571 | 627 | 660 | 724 |
| B ₂₁ | 46 | 117 | 186 | 223 | 321 | 362 | 401 | 448 | 502 | 542 | 596 | 640 | 712 |
| B ₂₂ | 27 | 53 | 95 | 161 | 231 | 323 | 392 | 464 | 541 | 564 | 575 | 640 | 727 |
| B ₂₃ | 20 | 82 | 137 | 164 | 217 | 288 | 331 | 381 | 434 | 486 | 524 | 590 | 687 |
| B ₂₄ | 21 | 69 | 134 | 241 | 315 | 372 | 412 | 458 | 509 | 556 | 591 | 665 | 742 |
| B ₂₅ | 50 | 71 | 134 | 222 | 286 | 328 | 436 | 495 | 530 | 556 | 585 | 642 | 679 |
| B ₂₆ | 39 | 119 | 184 | 237 | 263 | 295 | 330 | 419 | 459 | 535 | 590 | 650 | 661 |
| B ₂₇ | 31 | 64 | 106 | 166 | 243 | 323 | 390 | 424 | 508 | 552 | 599 | 652 | 718 |
| B ₂₈ | 42 | 97 | 135 | 186 | 272 | 305 | 336 | 359 | 412 | 455 | 549 | 576 | 634 |
| B ₂₉ | 58 | 114 | 142 | 259 | 281 | 304 | 370 | 432 | 509 | 568 | 613 | 690 | 728 |
| B ₃₀ | 36 | 61 | 105 | 168 | 195 | 293 | 346 | 415 | 504 | 531 | 581 | 648 | 679 |

Tab. XVII lehrt, ebenso wie oben Tab. XIV, daß der mittlere Fehler des Mittelwertes bei Verwendung von 6 Querreihen, d. h. von 80 Quadraten, bereits den Wert erreicht, unter den er auch bei Auszählung der ganzen Zählfläche nicht heruntergeht.

Tabelle XVII.

| | | M von B ₁ bis B ₃₀ | |
|--------|-------|--|------------|
| | | Genau | Abgerundet |
| 1. | Reihe | 0,53984 | 0,5 |
| 1.—2. | „ | 0,39360 | 0,4 |
| 1.—3. | „ | 0,32015 | 0,3 |
| 1.—4. | „ | 0,27778 | 0,3 |
| 1.—5. | „ | 0,25153 | 0,3 |
| 1.—6. | „ | 0,23142 | 0,2 |
| 1.—7. | „ | 0,21205 | 0,2 |
| 1.—8. | „ | 0,19872 | 0,2 |
| 1.—9. | „ | 0,18876 | 0,2 |
| 1.—10. | „ | 0,17891 | 0,2 |
| 1.—11. | „ | 0,16947 | 0,2 |
| 1.—12. | „ | 0,16279 | 0,2 |
| 1.—13. | „ | 0,15606 | 0,2 |

Zusammenfassung:

1. Der bei Thoma regelmäßig auftretende, „konstante“ Füllungsfehler, der stets zu hohe Erythrocytenwerte liefert, wird bei Bürker durch die Abänderungen der Kammerkonstruktion und der Kammerfüllung vermieden.

2. Eine vollständige Blutuntersuchung nach Bürker erfordert kein Übermaß von Zeit, ist vielmehr in $\frac{1}{2}$ bis höchstens $\frac{3}{4}$ Stunde gut durchführbar, so daß Zeitaufwand und schließliches Untersuchungsergebnis in einem angemessenen Verhältnisse stehen. Bei Thoma verlangte z. B. Laker, der sich allerdings durch besondere Skepsis auszeichnete, nur für eine einwandfreie Erythrocytenzählung „mindestens 2 Stunden“, da man sonst einen Zählfehler bis zu 20% (!) riskiere.

3. Die Füllung der Bürkerschen Kammer ist gegenüber Thoma einfacher und somit weniger der Möglichkeit variabler Fehler ausgesetzt.

4. Die Bürkersche Kammer arbeitet zuverlässiger wie die Thomasche:

a) der empirisch bestimmte wahrscheinliche Fehler fällt für die Bürkersche Kammer um 50% niedriger aus als der theoretisch-kleinstmögliche wahrscheinliche Fehler für die Thomasche Kammer.

b) Bei einigermaßen normalem Blute, d. h. bei Ausschluß stärkerer Anämien, ist die Durchmusterung von 80 Quadraten oder von rund 500 Zellen zur Erlangung eines verlässlichen Mittelwertes ausreichend.

Literaturverzeichnis.

- ¹⁾ Abbé, Sitzungsbericht der Gesellschaft für Medizin und Naturwissenschaften in Jena 1878, Nr. 29. — ²⁾ Bürker, Arch. f. d. ges. Physiol. **105**. — ³⁾ Bürker, Arch. f. d. ges. Physiol. **107**. — ⁴⁾ Bürker, Arch. f. d. ges. Physiol. **118**. — ⁵⁾ Bürker, Arch. f. d. ges. Physiol. **142**. — ⁶⁾ Bürker, Arch. f. d. ges. Physiol. **152**. — ⁷⁾ Bürker, Gewinnung, qualitative und quantitative Bestimmung

des Hämoglobins. In Tigerstedts Handb. d. Physiol. Methodik 2. Band, I. Hälfte 1911. — ⁸⁾ Bürker, Zählung und Differenzierung der körperlichen Elemente des Blutes in Tigerstedts Handb. der physiol. Methodik, 2. Bd., Abt. 5, 1912. — ⁹⁾ Bürker, Münchner med. Wochenschr. 1905, Nr. 6. — ¹⁰⁾ Bürker, Münch. med. Wochenschr. 1905, Nr. 14. — ¹¹⁾ Bürker, Münch. med. Wochenschr. 1912, Nr. 1. — ¹²⁾ Bloch, Prager med. Wochenschr. 1912, Nr. 26. — ¹³⁾ Brünings, Arch. f. d. ges. Physiol. **93**. — — ¹⁴⁾ Ellermann und Erlandsen, Dtsch. Arch. f. klin. Med. **98**. — ¹⁵⁾ Ellermann und Erlandsen, Dtsch. Arch. f. klin. Med. **100**. — ¹⁶⁾ Elzholz, Wien. klin. Wochenschr. 1894, Nr. 32. — ¹⁷⁾ Geigel, Dtsch. Arch. f. klin. Med. **37**. — ¹⁸⁾ Hayem, Gazette hebdomadaire de Médecine et de Chirurgie **12**, 2. Serie, Nr. 19. 1875. — ¹⁹⁾ Hühnerfaut, Virchows Archiv **76**. — ²⁰⁾ Kjer-Petersen, Über die numerischen Verhältnisse der Leukocyten bei der Lungentuberkulose. Würzburg 1906. — ²¹⁾ v. Koranyi, Physikalische Chemie und Medizin. Ein Handbuch. Bd. 2, 1907—1908. — ²²⁾ Laker, Wien. med. Wochenschr. 1886, Nr. 19. — ²³⁾ Miescher, Korrespondenzbl. f. Schweiz. Ärzte 1893, S. 830. — ²⁴⁾ Naegeli, Blutkrankheiten und Blutdiagnostik. 3. Aufl., Leipzig 1919. — ²⁵⁾ Reinert, Die Zählung der Blutkörperchen und deren Bedeutung für Diagnose und Therapie. C. W. Vogel. Leipzig 1891. — ²⁶⁾ Roerdansz, Arch. f. d. ges. Physiol. **145**. — ²⁷⁾ Roerdansz, Arch. f. d. ges. Physiol. **152**. — ²⁸⁾ Schmidt-Lüthje, Klinische Diagnostik und Propädeutik innerer Krankheiten. Leipzig 1910. — ²⁹⁾ Stierlin, Dtsch. Arch. f. klin. Med. **45**. 1889. — ³⁰⁾ Thoma, Virchows Archiv **84**. — ³¹⁾ Thoma, Virchows Archiv **89**. — ³²⁾ Veillon, In den histochemischen und physiologischen Arbeiten des Miescherschen Instituts. Bd. 2. 1891.