

---

I. *Erklärung der Bahnen des Bumerangs;*  
*von Dr. E. O. Erdmann in Berlin.*

---

Die paradoxen Bahnen der unter dem Namen »Bumerang«<sup>1)</sup> bekannten Waffe der Australier sind bisher ein mechanisches Problem geblieben, wiewohl sie mehrmals Gegenstand wissenschaftlicher Erörterungen von Physikern und Mathematikern<sup>2)</sup> gewesen sind.

Erwähnt und beschrieben war diese interessante Waffe bereits von den Erforschern Australiens Flinders, Baudin, King, doch wurde sie erst näher bekannt durch Herrn J. S. Moore<sup>3)</sup>, welcher sie mit einer Beschreibung ihrer Flugbahn Herrn Prof. Mac-Cullagh übersandte. Dieser knüpfte an die Vorlesung dieses Briefes in der Sitzung der irischen Academie vom 22. Mai 1837 die Bemerkung, daß das bei dem Bumerang fortwährende Abweichen von der senkrechten Ebene der Wirkung der Luft zugeschrieben werden müßte, da ja im luftleeren Raume der Schwerpunkt eines rotirend geworfenen Körpers eine Parabel in der senkrechten Ebene beschreibe; daß jedoch die Berechnung der gegenseitigen Einwirkung der Luft und

1) Bumerang (*boomerang*) ist der Name dieser Waffe an der Ostseite Australiens, während sie an der Westküste Keili (*kilee*) genannt wird.

2) Auch die Aufmerksamkeit der Archäologen hat dies Instrument auf sich gezogen, welche (Herr Samuel Ferguson) in ihm die Eigentümlichkeiten der *cateja* (Wurfkeule der Gallier und Germanen), der *aclys* (Wurfspeer) der römischen Classiker und der *ancyle* (Wurfspeer) der Griechen wieder finden wollen. Die Beweise dafür, sowie weitere Schlußfolgerungen finden sich: *Proceedings of the Royal Irish Academy Vol. I, pag. 130 u. 133.*

3) *Ibidem pag. 73.*

eines rotirend fortschreitenden Körpers ein Problem sei, welches die gegenwärtigen Kräfte der Mechanik weit übersteige.

In einer späteren Sitzung der genannten Academie gab eine Abhandlung des Herrn Carroll, welcher die Bumerangbewegung mit der einer Kreisscheibe verglich, Herrn Prof. Lloyd<sup>1)</sup> Veranlassung daran zu erinnern, dafs, wenn die Resultante aller Widerstandskräfte, welche auf die einzelnen Theile der Oberfläche des Bumerangs wirken, nicht in der Verticalebene des Wurfs liegen, der Bumerang von der Verticalebene abweichen müsse und dafs damit bei diesem rotirenden Körper Nutationen verbunden sein müßten. Ohne nähere Entwicklung bezeichnet er die hyperbolische Form der Waffe als die Ursache der Erscheinung.

In dem Philosophical Magazin Vol. XII pag. 329 mißglückt einem Ungenannten der Versuch eine Erklärung darauf zu gründen, dafs der Luftdruck gegen eine ebene Fläche gröfser als gegen eine convexe ist.

Vierzehn Jahre später 1852 veranlafste die Erörterung der Bahnabweichung rotirender Geschosse Herrn Wolff<sup>2)</sup>, auch die Bahnen des Bumerangs zu besprechen. Die geringe Zahl der Würfe mit dem ihm leihweise überlassenen Instrument liefs Herrn Wolff nicht zu einer ihn selbst befriedigenden Erklärung gelangen.

Zu einer solchen bin ich durch genauere Untersuchung des Instruments und seiner Bewegungen geführt. Nämlich allen den genannten Herren ist es entgangen, oder unwesentlich erschienen, dafs eine von ihnen für eben gehaltene Fläche des Instruments in Wirklichkeit eine windschiefe ist. Sie ist das Wesentliche, denn durch den Luftwiderstand gegen sie ergeben sich die Bahnen, mögen sie nach der Art des Wurfs und der sonstigen Beschaffenheit des

1) *Ibidem* pag. 145.

Ein fast wörtlicher Auszug aus diesen Citaten findet sich in Pogendorff's Ann. Bd. 45, S. 474.

2) Archiv für die Officiere des Königl. Preussischen Artillerie- und Ingenieur-Corps Bd. 31 S. 161; und Bd. 32, S. 27.

Instruments auch noch so verschieden sein, als nothwendige Folgen der Wurfkraft und der Anziehungskraft der Erde. Unter diesen überraschenden Bahnen hat das vollständige Zurückkehren des Instruments zu dem Werfenden stets am meisten frappirt und interessirt; und wiewohl dies mit einem und demselben Instrument durch verschiedene Art des Wurfs, die ich kurz:

- 1) den »Wurf linksherum«,
- 2) den »Wurf rechtsherum«,
- 3) den »Wurf geradauf und zurück«

nennen will, zu erreichen ist, will ich doch entsprechend dem Verlauf meiner practischen und theoretischen Untersuchungen den »Wurf linksherum« zunächst ausführlicher erörtern, weil sich daran die Erklärung aller übrigen leicht knüpfen läßt. Vor allen Dingen muß die zu erklärende Erscheinung selbst genau bekannt sein, daher schicke ich der eigentlichen Erklärung eine genaue Beschreibung der Instrumente, des Wurfs und der Flugbahn voraus.

#### Beschreibung des Bumerangs.

Ein Blick auf die Figuren 1 bis 6, Tafel I (nach Photographien) zeigt die verschiedenen Formen in denen die Bumerangs vorkommen. Die Figuren 5 — 6 stellen die Formen und Verhältnisse von ächten dar, während die Figuren 2, 3, 4 Abbildungen von in Deutschland auf Veranlassung des Herrn Dr. Francis Place treu nachgebildeter Copien ächter Instrumente sind <sup>1)</sup>.

Die Figur 1 repräsentirt endlich die treue Copie eines im Besitz des Herrn Prof. Poggenдорff befindlichen Instruments <sup>2)</sup>, welches mit dem der Irischen Academie durch Vermittelung des Prof. Mac-Cullagh von Herrn Moore

1) Gute Copien dieser Instrumente sind in der Handlung von Rohrbeck (Luhme) Kurstraße 51 vorräthig.

2) Auf diese Instrumente haben sich bisher die wissenschaftlichen Erörterungen bezogen, doch sind diese Instrumente nach der eigenen Angabe des Herrn Moore etwas stärker gekrümmt, als die der Eingebornen, was auch die Abbildungen zeigen.

vorgelegten congruent ist, desgleichen dem von Herrn Wolff benutzten, da auch dieses nur eine Copie desselben war. Mit diesem Instrument habe ich meine Versuche begonnen und die nachfolgenden Erörterungen mögen sich daher zunächst nur auf dieses beziehen.

Oberflächlich betrachtet besteht es aus einem flachen hölzernen Bogen von ungefähr hyperbolischer Gestalt.

Seine Dimensionen sind:

$$AB = 60 \text{ Centimeter}$$

$$CD = 25 \quad "$$

$$DE = 6,2 \quad "$$

$$FG = 1,0 \quad "$$

$$\text{Gewicht} = 260 \text{ grammes.}$$

Die beiden auf der Oberfläche des Instruments sichtbaren Linien weisen auf den Schwerpunkt *H* desselben. Der durch die Punkte *DE* gelegte Querschnitt *DFEG* läßt erkennen, daß die in der Zeichnung sichtbare Oberfläche des Instruments eine convexe Fläche ist.

Legt man den Bumerang, wie in der Zeichnung, mit der im Querschnitt als eine gerade Linie erscheinenden Seite *DE* auf eine ebene Tischplatte, so berührt er diese nur an wenigen Punkten; der Schenkel *B* ragt um 3 Centimeter in die Höhe und zwar die in der Zeichnung convexe Kante um 2 Centimeter höher als die concave Kante. Drückt man *B* fest auf den Tisch, so hebt sich der Bumerang mit dem Ende *A* um 17 Centimeter und zeigt, daß die untere Fläche keine Ebene, sondern eine windschiefe Fläche <sup>1)</sup> ist,

- 1) Als eine Bestätigung für das Vorhandenseyn dieser windschiefen Fläche führe ich:

1. die Zeilen an, die ich gefälliger Weise von Hrn. Dr. Francis Place in Gotha erhielt, als ich bei Bestellung von Copien an den Verfasser die Frage gerichtet hatte, wie er zur Aufertigung der sub. 2. 3. 4. Taf. I abgebildeten Bumerangs gelangt sey.

»Etwa ums Jahr 1858 brachte ein Irländer, der in Australien gewesen war, mehrere Exemplare nach Berlin, ich kaufte von demselben etliche von ihm nach echten Australischen gearbeitete. Ein von mir im Colloquium bei Hrn. Prof. Magnus über den Boomerang gehaltenen Vortrag hatte mein Interesse dafür besonders angeregt.

deren Enden bei *A* und *B* unter einem Winkel von ungefähr  $20^{\circ}$  zu einander geneigt sind.

Denkt man sich das Instrument in einem widerstehenden Medium um seinen Schwerpunkt im Sinne des Pfeiles rotirend, so würde die geneigte Fläche nahezu eine Schraubenfläche beschreiben und das Instrument würde sich auf den Beschauer zu bewegen, wie ein gewöhnlicher von unten durch das Papier gedrehter Pfropfenzieher.

#### Beschreibung des Wurfs links herum.

Das Instrument wird bei *A* mit der ganzen Faust gefasst; der im Ellenbogengelenk möglichst gebeugte Arm so nach rückwärts in der Schulter gedreht, daß die Hand über der Schulter den Schenkel *A* hält, während *B* nach Hinten zum Rücken derartig gesenkt ist, daß beide Schenkel sich in einer senkrechten Ebene befinden. Durch kräftige Drehung des Armes in der Schulter nach vorn und eben dahin gerichteter Streckung des Armes im Ellenbogen wird das Instrument mit einer Elevation von etwa  $10^{\circ}$  Grad vorwärts geschleudert, während durch gleichzeitige Drehung des zurückgelegten Handgelenkes nach vorn, die schon gröfsere Geschwindigkeit des freien Schenkels *B* wesentlich vermehrt und dadurch dem Instrumente neben der fortschreitenden eine um eine horizontale Axe rotirende Bewegung ertheilt wird, die von der windschiefen Fläche betrachtet im Sinne des Uhrzeigers stattfindet.

#### Beschreibung der Bahn.

Das Instrument beschreibt nun eine Bahn, deren Projection auf die horizontale Ebene durch die Figur 8, deren

Meister Clemens hat mein Exemplar mit vielem Geschick copirt, fertigt auch die Schraubenfläche der platten Seite sehr genau an, so daß der Flug seiner Exemplare dem echten Australischen wohl ziemlich gleich kommen dürfte.

Dr. Francis Place.

2. daß im Jahre 1848 ein Patent auf eine Bumerang-Schiffschraube Hrn. Moses Poole ertheilt ist, welche bei mehreren Schiffen zur Anwendung kam.

Bourne, *The Screw-Propeller* pag. 64.

Projection auf die Vertical-Ebene, die man sich durch die ursprüngliche Wurfrichtung (die punktirte Linie) gelegt denken muß, in der Figur 8a dargestellt ist.

Figur 8 zeigt, daß das Instrument in einem großen Bogen (größte Sehne =  $130'$ ) zu dem Werfenden zurückfliegt, während Figur 8a erkennen läßt, daß das Instrument in dem ersten Drittel seiner Bahn sich wenig erhebt, dagegen im zweiten Drittel eine beträchtliche Steigung eintritt, deren Maximum etwa mit dem Ende des zweiten Drittels der Flugbahn zusammenfällt. Im letzten Drittel seiner Bahn fällt das Instrument wie auf einer schiefen Ebene zu dem Werfenden zurück.

Die kleinen von der Flugbahn ausgehenden Pfeile sollen die Projection der ideellen =  $\gamma - \delta$  angenommenen Rotationsaxe des sich fortschraubenden Instruments bezeichnen. Die anfänglich horizontale Rotationsaxe richtet sich allmählich auf den Werfenden zu und gleichzeitig in die Höhe, verkürzt sich daher in der Projection Figur 8 immer mehr und verschwindet endlich ganz zu einem Punkt (d. h. sie wird vertical), erscheint dafür aber unverkürzt an der entsprechenden Stelle der Vertical-Projection.

#### Erklärung der Bahn.

Die bei dem Wurf thätigen Kräfte sind:

- 1) die Anziehungskraft der Erde;
- 2) die Wurfkraft und zwar in zweierlei Weise, insofern sie
  - a) eine translatorische und
  - b) eine rotatorische Bewegung ertheilt.
- 3) Der Luftwiderstand. Dieser ist in dreifacher Weise wirksam, indem er
  - $\alpha$ ) die beiden eben erwähnten Bewegungen im Allgemeinen verzögert, wiewohl verschieden stark,
  - $\beta$ ) überhaupt die Wirkung der windschiefen Fläche bei der Rotation (Schraubenbewegung) ermöglicht;
  - $\gamma$ ) durch den Druck gegen die windschiefen Schenkel bei der Translation die Drehung der Rotations-Axe bewerkstelligt.

Dieser letztere rührt streng genommen auch davon her, daß an der windschiefen Fläche des voreilenden Schenkels nach Herrn Magnus entscheidenden Versuchen eine Stauung der mit rotirenden und der entgegenströmenden Luft stattfindet.

Das mit der geringen, etwa  $10^\circ$  betragenden Elevation geworfene Instrument, steigt mithin wenig, aber durch die translatorische und rotatorische Bewegung des schraubenartigen Instruments wird der Schwerpunkt desselben von der ursprünglichen Wurfrichtung abgelenkt. Doch nicht bloß der Schwerpunkt, sondern auch die Rotationsaxe des Instruments wird abgelenkt, und zwar das vordere mit einem Pfeil bezeichnete Ende derselben auf den Werfenden zu. Siehe Figur 8. Da nämlich der Luftwiderstand auf die gegen die Fortpflanzungsrichtung geneigten Schenkel drückt, so ergibt eine, durch Figur 7 ersichtliche Zerlegung dieser auf beide Schenkel *A* und *B* drückenden Kraft, daß beim Rotiren der obere Schenkel *B* stets einen Druck nach Links (in Bezug auf den Werfenden), der untere *A* dagegen einen solchen nach Rechts erfährt, so daß sich dadurch das vordere Ende der Rotations-Axe senken müßte. Dieser Druck bewirkt aber nach den Gesetzen der Präcession eine Drehung der Rotationsaxe auf den Werfenden zu wie es Figur 8 erkennen läßt.

Das Instrument eilt also durch zwei Kräfte, durch die Schraubenwirkung und durch den Widerstand der Luft gegen die zur Fortpflanzungsrichtung geneigten Schenkel, fortwährend aus seiner ursprünglichen Richtung gedrängt, in gekrümmter Bahn nahezu tangential rotirend weiter.

Sobald aber diese Drehung der freien resp. festen Rotationsaxe auf den Werfenden zu vor sich geht, hat sie wiederum eine Nutation und zwar eine Hebung des vorderen Endes der Rotationsaxe zur Folge. Nun beginnt die Schraubenwirkung der Anziehungskraft der Erde, welcher das Instrument anfangs im Wesentlichen folgte, entgegen zu wirken. Die immer steiler werdende Hebung des Instruments vermindert schnell seine fortschreitende, weniger

seine Rotationsgeschwindigkeit: die Anziehungskraft der Erde gewinnt die Oberhand und die schwächer werdende Rotation reicht nur noch aus, um mit einer gewissen Kraft die Rotationsaxe in einer Stellung beharren zu lassen, welche dem Instrument gestattet, wie auf einer schiefen Ebene zu dem Werfenden hinunter zu gleiten, natürlich mit wachsender Geschwindigkeit.

Wenn zwar das Steigen bei  $c = 0$  wird, so schreitet das Instrument doch noch tangential zur projecirten Bahn weiter, und das letzte Drittel der Bahn muß daher in der Projection Figur 8 parabolisch gekrümmt sein. Auch in der Vertical-Projection Figur 8a sieht man das Ende der Bahn gekrümmt. Da das Instrument mit wachsender Geschwindigkeit fällt, so wächst auch der Luftdruck gegen das schwächer rotirende Instrument derartig, daß dadurch die geneigte Axe gehoben und die Rotationsebene und Flugbahn mehr horizontal wird. (Das Nähere beim Wurf rechts herum.)

Man erkennt, daß wenn die Rückkehr des Bumerangs auf der eben erwähnten schiefen Ebene zu dem Ausgangspunkt erfolgen soll, eine bestimmte Stellung der Rotations-Axe auf dem höchsten Punkt der Bahn erforderlich ist. Diese ist bei dem bis jetzt besprochenen Instrument durch den beschriebenen Wurf zu erreichen, im Allgemeinen aber außer von der durch die Wurfkraft erzielten Translations- und Rotations-Geschwindigkeit, von der Schwere des Instruments, vor allen Dingen von der Breite und Neigung der windschiefen Fläche, ferner von der Neigung der Rotationsebene zur Verticalebene, endlich von der Elevation des Wurfs abhängig.

Daß mit der Aenderung eines dieser Factoren die resultirende Bahn eine andere wird, versteht sich von selbst. Beispielsweise hat eine Vermehrung der Translations-Geschwindigkeit eine geringere, eine Vergrößerung der Rotations-Geschwindigkeit dagegen eine stärkere Krümmung der Bahn zur Folge und damit auch eine Aenderung der Nutation.



Größere Schwere des Instruments bedingt bei sonst gleichen Verhältnissen eine geringere Hebung; dieselbe Wirkung wird durch Verkleinerung der windschiefen Flächen hervorgebracht.

Bei leichteren Instrumenten mit wenig gegen einander geneigten Schenkeln kann bei großer Rotationsgeschwindigkeit die Bahn nahezu kreisförmig und fast vollständig in gleicher Entfernung vom Erdboden beschrieben werden, indem die Wirkung der Anziehungskraft der Erde durch stets wachsende Hebung der Rotationsaxe compensirt wird. Figur 12 und 12a.

Eine größere Elevation des Wurfs läßt das Instrument eine beträchtlichere Höhe erreichen, aus der es zum Werfenden zurückgleitet, um rechts bei ihm vorbeigehend eine kleinere Schleife rechts herum zu beschreiben. Figur 9 u. 9a. Vergl. Wurf rechts herum.

Denkt man sich endlich, die Ebene der ursprünglichen Rotation sei nicht vertical, sondern ein wenig zur Rechten des Werfenden geneigt, so tritt unter sonst gleichen Verhältnissen sogleich ein Aufsteigen des Instruments ein: es erreicht eine größere Höhe, auf der die Rotationsaxe in einer Stellung anlangt, die das Instrument nicht mehr zum Ausgangspunkt zurück, sondern fast senkrecht herunter fallen läßt. Figur 10 u. 10a.

Unter Umständen kann die Wirkung eines der genannten Factoren durch die eines oder mehrerer anderer compensirt werden, wie beispielsweise eine zu große Schwere des Instruments durch größere Breite der windschiefen Fläche, oder eine zu große Neigung der windschiefen Schenkel zu einander durch Neigung der ursprünglichen Rotationsebene nach der Linken des Werfenden.

Eine solche Neigung verlangte der besprochene Bumerang (wenigstens bei den Geschwindigkeiten, die ich ihm zu ertheilen vermöchte), um vollständig zum Werfenden zurückzugelangen: eine Anforderung, welche weder bequem noch leicht zu erfüllen ist.

Der Einfluß aller dieser Factoren läßt sich mit den

kleineren Instrumenten No. 2 u. 3 Tafel I leichter studiren, weil ihnen die nöthige Translations- und Rotationsgeschwindigkeit schon durch den Unterarm und Drehung des Handgelenks ertheilt werden kann, wodurch die Sicherheit des beabsichtigten Wurfs wesentlich gewinnt. Nebenbei läuft man weniger Gefahr die Instrumente zu ruiniren, auch wenn sie steil mit einem Schenkel auf die Erde stürzen; und selbst im unglücklichsten Fall bleiben sie nach dem Zusammenleimen resp. Ueberkleben mit Band oder Papier brauchbar wie vorher. Da mit diesen leichteren Instrumenten auch der sogleich näher zu besprechende Wurf rechts herum ausgeführt werden kann, so füge ich hier die näheren Angaben über die Dimensionen und die Art des Wurfs dieser Instrumente an.

Die Dimensionen dieser Instrumente sind die folgenden:

	No. 2.	No. 3.	No. 4.
<i>A B</i>	43 Cm.	42	39
<i>C D</i>	15	15	13,5
<i>D E</i>	4,5	5,7	5,5
<i>F G</i>	0,4	0,6	0,4
Gewicht	54,5 gr.	62 gr.	53,5
Neigung der wind- schiefen Endflächen bei <i>A</i> und <i>B</i> zu einander.	7°	8°	9°.

Die Instrumente 2 und 3 werden bei *B* so gefasst, daß der Daumen die platte Seite gegen das Handgelenk des Zeigefingers drückt, während der Zeigefinger auf der scharfen Kante bis *B* liegend, diesen Schenkel im Moment des Wurfs herunterdrückt, wodurch die durch Streckung des Unterarmes und Drehung des Handgelenks schon größere Geschwindigkeit des nach vorn gerichteten Schenkels *A* wesentlich vermehrt, und eine Rotation in demselben Sinne wie bei dem erst beschriebenen Instrument No. 1 erreicht wird. Die Erörterung des Einflusses, welchen die Stellung der ursprünglichen Rotationsebene auf die Bahn

der Bumerangs hat, führt direct zur zweiten Art des Wurfs mit vollständiger Rückkehr des Instruments, nämlich zum

#### Wurf rechts herum.

Das Instrument wird wie oben beschrieben gefasst, aber sofort geschleudert, dafs es, die windschiefe Fläche unten, mit horizontaler Rotationsebene wenige Fufs über dem Boden dahin streicht, jedoch in demselben Sinne<sup>1)</sup> rotirt, wie beim Wurf links herum.

#### Beschreibung der Bahn.

Die Figuren 13 und 13a stellen die horizontale und verticale Projection dieser Bahn dar, bei welcher die Rotationsaxe anfangs vertical ist, und am Ende der Bahn horizontal wird, also grade umgekehrt wie beim Wurf links herum.

#### Erklärung des Wurfs rechts herum.

Die Schraubenwirkung und der Druck der Luft gegen die zur Fortpflanzungsrichtung geneigten Schenkel bewerkstelligt eine Hebung des Schwerpunkts und daher eine Krümmung der Flugbahn, mit der eine Nutation des oberen Endes der anfänglich verticalen Rotationsaxe auf den Werfenden zu und gleichzeitig zur Rechten desselben verbunden ist. Das Instrument steigt rapide nach Rechts. In dem Maafse als der Bumerang gegen die Wirkung der Anziehungskraft sich emporhebt, nimmt seine Geschwindigkeit ab, endlich auf  $\frac{2}{3}$  der Bahn siegt die Anziehungskraft der Erde, das Instrument schiefst in der Richtung seiner Rotationsebene eine Strecke bergab durch die Luft, welche der zunehmenden Geschwindigkeit entsprechend das vordere Ende der Rotationsaxe wieder in die Höhe und auf den Werfenden zudrückt. Mit immer mehr verticaler Rotationsebe, von der Luft fast gar nicht getragen, schiefst das Instrument, nur durch den Druck der Luft gegen die

1) Von der windschiefen Fläche aus betrachtet.

schwach rotirenden Schenkel fortwährend aus seiner Richtung gedrängt, schnell zur Ausgangsstelle zurück.

Man erkennt, daß dieselben Factoren auch bei diesem Wurf thätig sind, und daß sich durch Aenderung derselben außerordentlich verschiedene Bahnen werden hervorbringen lassen. Von diesen will ich nur diejenigen hervorheben, auf welche ich S. 8 und 9 verwiesen habe.

Ist die Translationsgeschwindigkeit unbedeutend bei hinlänglicher Rotation, so steigt das Instrument wenig, weil die Schraubenwirkung nicht durch den Druck der gegen die windschiefen Schenkel strömenden Luft unterstützt wird. Der Bumerang entfernt sich wenig vom Werfenden; auch die Nutation bleibt gering und in einem kleinen Bogen schießt er zum Werfenden zurück, zumal, wenn er mit geringer Elevation geworfen war. Diesem durch Figur 14 und 14a dargestellten Wurf ist die Schleife analog, welche der Bumerang am Ende der in Figur 9 und 9a dargestellten Bahn beschreibt. Das zu dem Werfenden herabgleitende Instrument erfährt einen, seiner wachsenden Geschwindigkeit entsprechenden Luftdruck gegen die horizontal rotirenden Schenkel, also eine Hebung, welche die Geschwindigkeit schnell absorbt und mit welcher, wie eben entwickelt, die Bahn rechts herum eintritt.

Bei leichten und wenig windschiefen Instrumenten gestaltet sich dieser absteigende Theil der Bahn häufig zu einer schraubenförmigen Spirale, wenn nämlich die Rotations-Ebene beim Beginn des letzten Drittels nahezu horizontal wird. Figur 15 und 15a. Nicht selten sieht man, wenn die Translation an dem Scheitel der Schleifen = 0 und die Rotationsebene grade horizontal geworden ist, das Instrument in einer gewissen Höhe schweben, um sich dann ganz langsam und lothrecht zur Erde niederzusenken.

Figur 16 und 16a stellt endlich eine hierher gehörende Flugbahn mit vollständiger Rückkehr dar, welche die leichten und wenig windschiefen Instrumente beschreiben, wenn sie mit  $45^\circ$  zur Rechten geneigter Rotationsebene so geworfen werden, als sollten sie in etwa 50 Fuß Entfernung

den Erdboden berühren. Sie erheben sich rapide und ohne sich viel nach der Linken zu bewegen, schießen sie schnell abwärts zum Ausgangspunkt zurück. Bei diesem Wurf berührt mitunter das Instrument den Erdboden und schreibt ricochetirend einen mehr oder weniger vollkommenen Bogen <sup>1)</sup>).

Wenn bei den bisher beschriebenen Würfeln die Bumerangs mit ihren windschiefen Flächen wie gewöhnliche rechtsläufige Schrauben-Instrumente sich bewegten, so liegt die Aufforderung nahe, die Bahnen zu verfolgen, welche diese Instrumente bei entgegengesetzter Rotation unter sonst gleichen Umständen beschreiben. Man könnte glauben, daß die Bahnen nur im entgegengesetzten Sinne stattfinden müßten. Diefes ist nicht der Fall. Denn abgesehen von der Schwierigkeit beinahe Unmöglichkeit des Wurfs finden in diesem Falle die Wirkungen des Luftwiderstandes bei der Rotation und Translation nicht mehr in demselben Sinne statt, sondern einander entgegen, sie heben sich also theilweise auf. Außerdem bildet hier der Umstand ein Hinderniß, daß die beiden Oberflächen des Instruments nicht gleich, sondern die eine gewölbt, die andere flach ist, wie die Querschnitte *DFEG* zeigen.

Beim Durchschneiden der Luft gleitet daher das Instrument in dem einen Fall der Rotation auf der flachen, im anderen Falle auf der convexen Fläche durch die Luft, deren Druck im letzteren Falle das Instrument ungleich mehr verzögert.

Diese 3 Hemmnisse, welche sich der Prüfung der Bahnen mit entgegengesetzter Rotation der Bumerangs entgegenstellen, lassen sich dadurch beseitigen, daß man ein den bisherigen symmetrisches Instrument zum Wurf verwendet, dessen windschiefe Flächenenden jedoch entgegengesetzte Neigung zu einander haben müssen. Diefes ist der Fall bei dem Instrument No. 4, dessen Dimensionen oben mitgetheilt

1) Der Zeichner der Baudin'schen Erforschungs-Expedition bezeichnet darnach das übrigens nicht gut gezeichnete Instrument als *sabre à ricochet*.

worden sind und das in derselben Weise geworfen wird, wie es S. 10 angegeben ist, mit dem einzigen Unterschiede, daß der Daumen die convexe Fläche gegen das Handgelenk des Zeigefingers drückt. Da aber dies Instrument, im Gegensatz zu den bisher besprochenen, links herum, d. h. von der windschiefen Fläche aus betrachtet dem Uhrzeiger entgegen rotirt, ferner der Luftwiderstand bei der Translation wie Rotation in einem und demselben Sinne auf dasselbe wirkt, so beschreibt es bei verticaler Rotations-Ebene eine Bahn rechts herum und bei horizontaler Rotations-Ebene eine Bahn links herum, beweist also wiederum, daß die Neigung der windschiefen Flächen das Wesentliche für die Bahnen der Instrumente ist.

Eine weitere Bestätigung hierfür liefert endlich

der Wurf gerade auf und zurück.

Ist die flache Seite der wie No. 2 und 3 geformten Instrumente nicht windschief, sondern eben, so liegt sie, sobald das Instrument rotirend fortgeschleudert wird, in der Rotationsebene oder ist ihr parallel und der Grund der Abweichung fällt fort, da sich weder eine Schraubenwirkung noch ein einseitiger Druck der vorbeiströmenden Luft geltend machen kann. Wenn ein solches ebenes Instrument mit einer beliebigen Elevation der Rotationsebene in der Weise geworfen wird, daß die Rotationsaxe in der Verticalebene des Wurfs liegt, so steigt es in der Rotationsebene, die ja auch die des geringsten Widerstandes ist, wie auf einer schiefen Ebene mit abnehmender Geschwindigkeit gerade auf in die Höhe; wenn endlich seine Geschwindigkeit  $= 0$  geworden ist, gleitet es mit wachsender Geschwindigkeit fast auf derselben schiefen Ebene zurück, weil die andauernde Rotation die Rotationsaxe in derselben ursprünglichen Lage erhält. Indefs bietet die Luft der breiten Fläche des ebenen Instruments nicht solchen Widerstand wie eine feste schiefe Ebene, sie weicht etwas aus, und das rückgehende Instrument erreicht daher nicht vollständig den Ausgangspunkt. Siehe Fig. 17 und 17 a Taf. I. Das In-

strument beschreibt dagegen wie jeder andere Körper eine Parabel in der Vertical-Ebene des Wurfs, wenn es in dieser Ebene rotirt. Wird das Instrument horizontal rotirend fortgeschleudert, so wird die Parabel eine ungemein gestreckte, weil das Instrument mit der breiten Seite durch die Luft sinkend, mehr Widerstand findet, also von ihr getragen, langsamer fällt. Wird schliesslich dies Instrument mit irgend wie anders orientirter Rotationsaxe geworfen, so beschreibt es stets eine Parabel in der Ebene der Rotation, wenn man das geringe Ausweichen der Luft unbeachtet läßt.

Diese Würfe und der Wurf gerade auf und zurück, welche sich bei schwacher Rotation und gehöriger Neigung auch mit windschiefen Bumerangs ausführen lassen, sind bisher vorzugsweise mit den Bumerangs executirt und ins Auge gefasst worden; auch im Kleinen durch den Flug hyperbolisch geschnittener und mit dem Finger fortgeschnellter Kartenstücke nachgeahmt worden.

Die hyperbolische Form ist hierfür jedoch ganz gleichgültig, und dafs nur die Constanz der Rotationsaxe das Wesentliche ist, läßt sich mit ganzen Karten beweisen, denen man hinlängliche Rotation beim Wurf ertheilt, wie es ja auch Taschenspieler zu zeigen pflegen. Aber diese Art des Fluges, deren Analoga man in dem der Schwalben, wenn sie mit ausgebreiteten Flügeln niederschiefen, oder beim Fallen der Blätter wiederfinden kann, ist nicht die charakteristische der Bumerangs, wenngleich sie sich dabei betheiligt.

Bei diesen Instrumenten wäre die Möglichkeit geboten, den Druck zu beobachten, welchen die gegenseitige Einwirkung der mit dem Instrument rotirenden und der an ihm vorbeiströmenden Luft auf dasselbe ausübt und dessen Wirkung sich, wie ich schon erwähnt, nach Hrn. Magnus, entscheidenden Versuchen vorausbestimmen läßt. Bei einem in verticaler Ebene rotirenden ebenen Instrument kann er nur sehr gering sein, da er allein auf die hohe Kante des flachen Instruments wirken kann. Bei jeder anderen Orien-

tirung der Rotationsebene findet stets an der breiten, durch die Luft voransinkenden Fläche des Instruments eine größere Stauung der rotirenden und entgegenströmenden Luft statt, deren Druck bei diesen ebenen Instrumenten dieselbe Nutation und Ablenkung zur Folge hat, wie ich sie bei den windschiefen Instrumenten beschrieben habe. Doch stellen sich der experimentellen Prüfung dieser Einwirkung gewisse Schwierigkeiten entgegen. Es bewirkt nämlich der Druck der Luft auf die gewölbte Fläche an der Kante grade die entgegengesetzte Ablenkung, beide neutralisiren sich daher in gewissem Grade. Zweitens lassen sich wirklich ebene und ihre Form behaltende Instrumente kaum herstellen. Holz ist sehr hygroskopisch und ehe man sich dessen versieht, ist die vermeintlich ebene Fläche durch Feuchtigkeitsänderungen windschief geworfen. • Drittens muß beim Wurf die Rotationsaxe, wenn man die genannte Einwirkung beobachten will, absolut in der Verticalebene liegen, sonst beschreibt das Instrument von vornherein eine Parabel nach der einen oder anderen Seite. Viertens sind die leichter und vortrefflich fliegenden Instrumente Figur 2 Tafel I in hohem Grade biegsam, so daß sie ihre Form allein durch ihre Schwere ändern, wenn man sie horizontal an einem Schenkel hält. Endlich leuchtet ein, daß bei einem, von der Luft getragenen Instrumente, wie dem Bumerang, der Wind wesentliche Veränderungen der Flugbahn hervorbringt. In der That sieht man häufig bei Windstößen plötzliche Flugänderungen der Bumerangs eintreten, welche lebhaft an die sich verfolgender Vögel erinnern. Immer wolle man aber bedenken, daß der beste Wille und die größte Geschicklichkeit niemals die Garantie für den beabsichtigten Wurf bietet, die Visir und Korn einem gezogenen Geschütz verleiht. —

Ueber die Verwerthung dieser Bumerangs durch die Eingebornen finden sich in den neueren Werken (»Vilkes *Exploring Expedition II* pag. 191) die Angaben, daß sie sowohl als Kriegswaffe wie als Jagdgeräth auf Vögel und kleinere Thiere dienen. Wie sie von den Eingebornen



auf der Jagd benutzt werden, scheint Herr Wilkes nicht gesehen zu haben, sondern er beschreibt einige Würfe, die er selbst damit ausgeführt hat und von denen ihn, wie jeden Unbefangenen, diejenigen mit Rückkehr zum Ausgangspunkt und darüber hinaus am meisten interessirt haben. Man irrt jedoch, wie ich glaube, wenn man darin den besonderen Werth dieser Waffe sucht, denn wiewohl man sehr viel mehr Würfe mit vollständiger Rückkehr ausführen kann, als ich zur Erklärung der Bahnen herangezogen habe, so sind sie grade auf der Jagd wenig verwerthbar. Ich glaube vielmehr, daß eine andere Art des Wurfs, die ich bisher nicht beschrieben habe, die Bumerangs ganz besonders als Jagdwaffe qualificirt. Wirft man nämlich die großen und schweren Instrumente mit etwa  $45^\circ$  zur Rechten geneigter Rotationsebene nach einem 50 bis 60 Fufs entfernten Punkt des Bodens, so berühren sie diesen nicht, sondern fliegen, indem sie ihre Rotationsebene allmählich mehr horizontal stellen, in fast gerader Linie dicht über dem Boden dahin, bis sie in einer Entfernung von 120 Fufs anfangen sich zu heben, um in einem Bogen rechts herum 20 — 30 Fufs zurückzuschiefsen<sup>1)</sup>. Bei diesem Wurf ist die von dem rotirenden Instrument bestrichene Fläche außerordentlich groß, und die flache Gestalt erhält ihm eine Geschwindigkeit, die der scharfen Kante des schweren und harten Holzes im Falle des Treffens eine bedeutende Wirkung sichert. In dieser Meinung bin ich ganz besonders durch das Verhalten der ächten Instrumente Figur 5 Tafel I bestärkt worden, bei welchen die beschriebene Flugbahn von colossaler Länge, etwa 200 Fufs war. Mir war es deswegen wahrscheinlich, daß dieß Instrument für die Eingebornen von Australien, welche Pfeil und Bogen nicht kennen, sondern nur noch einen Wurfspeer benutzen, bei der Kängurujagd von ganz besonderem Werth gewesen sein mußte. Wenigstens nach der mir bekannten Wirkung auf europäische Schienbeine zu urtheilen, mußte

1) Bei den leichten Instrumenten gestaltet sich aus diesem Wurf die aus Fig. 16 und 16a Taf. I abgebildete und S. 12 beschriebene Bahn.

es von niederschmetternder Wirkung gewesen sein, wenn es über dem Erdboden dahinstreichend, die Hinterfüße dieser empfindlichen Thiere traf. Diese Vermuthung gewann für mich an Wahrscheinlichkeit, als ich in dem citirten Reisebericht fand, daß die Känguruböcke Boomers genannt werden; sie ist endlich für mich zur Gewisheit geworden, als ich beim Nachforschen in den älteren Berichten über die Entdeckungsreisen von Cook, Baudin, King bei letzterem die folgende Anmerkung fand, die mir ihrer Objectivität wegen doppelt glaubwürdig erschien und die ich in der Uebersetzung hier folgen lasse.

»Der Bumerang ist eine furchtbare Waffe; es ist ein kurzes gebogenes Stück von schwerem Holz und wird mit der Hand so geschickt durch die Luft geworfen, daß der Werfende allein weiß, wo es niederfallen wird. Im Allgemeinen wird es gegen den Wind geworfen und nimmt eine drehende Bewegung an. Die Eingebornen benutzen es mit Erfolg zum Töden der Kängurus und es ist, wie ich glaube, mehr eine Jagd- als Kriegs-Waffe. Seine Größe schwankt zwischen 18 bis 30 Zoll in der Länge und 2 bis 3 Zoll Breite. Die Gestalt ist die eines stumpfen Winkels, eigentlich einer Mondsichel; einer in meinem Besitze ist 26 Zoll lang, die größte Breite  $2\frac{1}{2}$  Zoll,  $\frac{1}{2}$  Zoll dick und der am Centrum gebildete Winkel  $140^{\circ}$ . Bumerang ist der zu Port Jackson gebräuchliche Name dieser Waffe, der in Ermangelung eines mehr bezeichnenden beibehalten werden mag.«

Mit Recht hat man sich stets gewundert, daß ein so merkwürdiges Instrument von Wilden erfunden werden mußte, doch sieht man nach den vorausgeschickten Erklärungen ein, daß, wenn die wesentlichste Eigenschaft desselben erkannt war, seine Herstellung keine sonderliche Accuratesse verlangte, selbst wenn sie in so abweichenden Formen ausgeführt wurde, wie sie mir durch die Gefälligkeit sich dafür interessirender Freunde zu Händen gekommen sind.

---

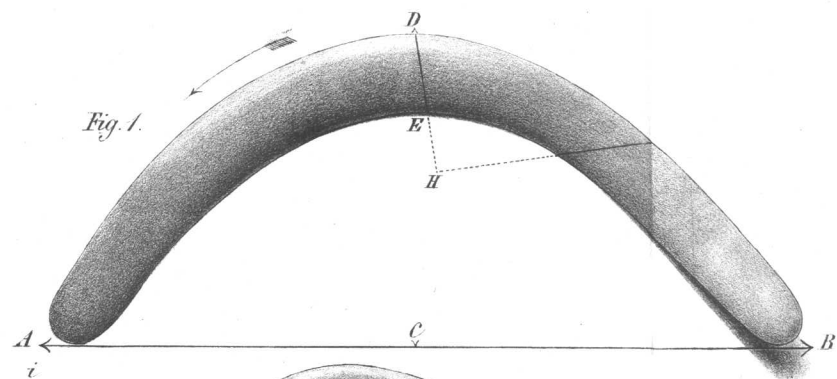


Fig. 2.

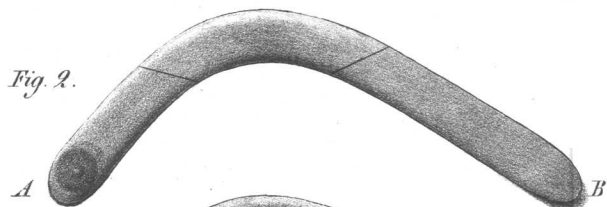


Fig. 3.

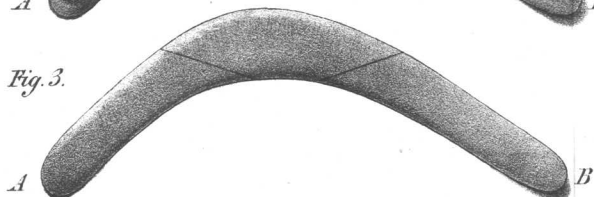


Fig. 4.

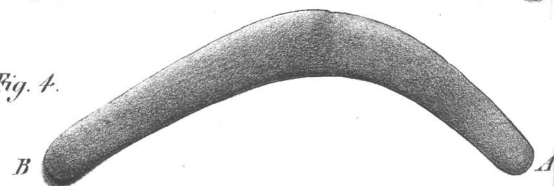


Fig. 5.

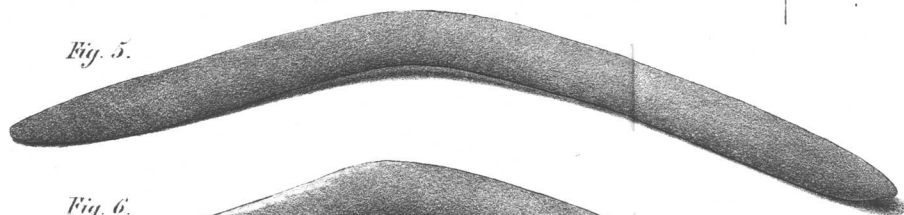


Fig. 6.

