

Was steckt hinter den Newtonschen Gesetzen?

M. Pohlig



Wenn Newton das gewusst hätte...

Karlsruhe 01.07.2014

Kontakt: pohlig@kit.edu

"Nach meiner Überzeugung muss man sogar viel mehr behaupten: die in unserem Denken und in unseren sprachlichen Äußerungen auftretenden Begriffe sind alle - logisch betrachtet - freie Schöpfungen des Denkens und können nicht aus den Sinnen-Erlebnissen induktiv gewonnen werden. Dies ist nur deshalb nicht so leicht zu bemerken, weil wir gewisse Begriffe und Begriffsverknüpfungen (Aussagen) gewohnheitsmäßig so fest mit gewissen Sinnerlebnissen verbinden, dass wir uns der Kluft nicht bewusst werden, die logisch unüberbrückbar die Welt der sinnlichen Erlebnisse von der Welt der Begriffe und Aussagen trennt."



zitiert von B. Russell und das philosophische Denken (1944)

Man kann gar nicht hartnäckig genug betonen, dass eine Größe ausschließlich durch Relationen definiert ist, in denen sie mit anderen Größen steht und nicht durch Eigenschaften, die ihr unabhängig von den anderen zukommt.



G. Falk
1922-1991

Physik und Zahl (Birkhäuser 1990)

1. Gesetz

Jeder Körper verharrt in seinem Zustand der Ruhe oder der gleichförmigen geradlinigen Bewegung, außer er wird durch die Wirkung äußerer Kräfte gezwungen, diesen Zustand zu ändern.

2. Gesetz

L E X II.

*Mutationem motus proportionalem esse vi motrici impressæ,
& fieri secundum lineam rectam qua vis illa imprimitur.*

Si vis aliqua motum quemvis generet; dupla duplum, tripla triplum generabit, five simul & semel, five gradatim & successive impressa fuerit. Et hic motus (quoniam in eandem semper plagam cum vi generatrice determinatur) si corpus antea movebatur, motui ejus vel conspiranti additur, vel contrario subducitur, vel obliquo oblique adjicitur, & cum eo secundum utriusque determinationem componitur.

*Die Veränderung (mutatio) des **motus** ist proportional zur Gesamtkraft (vis motrix), die ein Körper erfährt, und diese Veränderung erfolgt längs der Geraden, in welcher diese Kraft wirkt.*

2. Gesetz

*Die Veränderung (mutatio) des **motus** ist proportional zur Gesamtkraft (vis motrix), die ein Körper erfährt, und diese Veränderung erfolgt längs der Geraden, in welcher diese Kraft wirkt.*

Eduard J. Dijksterhuis (Mechanisierung des Weltbildes):
Newton kürzt **quantitas motus** gewöhnlich mit **motus** ab.

Quantitas motus ist das,
was wir heute Impuls
nennen! $m \cdot v$

DEFINITIO II.
*Quantitas motus est mensura ejusdem orta ex velocitate et
quantitate materiæ conjunctim.*

Eduard J. Dijksterhuis:
„Kraft erzeugt Impuls“

*Die Änderung des **Impulses** ist proportional zur Gesamtkraft, die ein Körper erfährt, und diese Veränderung erfolgt längs der Geraden, in welcher diese Kraft wirkt.*

1. Gesetz

Jeder Körper verharrt in seinem Zustand der Ruhe oder der gleichförmigen geradlinigen Bewegung, außer er wird durch die Wirkung äußerer Kräfte gezwungen, diesen Zustand zu ändern

2. Gesetz

*Die Änderung des **Impulses** ist proportional zur Gesamtkraft, die ein Körper erfährt, und diese Veränderung erfolgt längs der Geraden, in welcher diese Kraft wirkt.*

Im Zustand der Ruhe oder der gleichförmigen Bewegung verharren heißt jetzt nicht anderes als: Seinen Impuls nicht zu verändern.

1. Gesetz

*Der **Impuls** eines Körpers ändert sich nicht, wenn keine Kraft auf ihn wirkt.*

2. Gesetz

*Die Änderung des **Impulses** ist proportional zur Gesamtkraft, die ein Körper erfährt, und diese Veränderung erfolgt längs der Geraden, in welcher diese Kraft wirkt.*

1. Gesetz

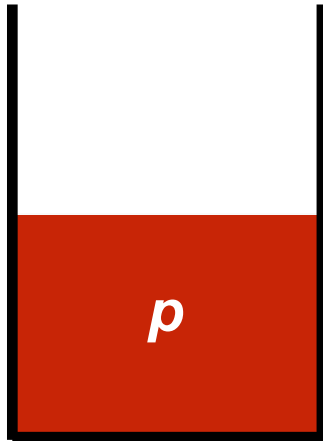
*Der **Impuls** eines Körpers ändert sich nicht, wenn keine Kraft auf ihn wirkt.*

2. Gesetz

*Die Änderung des **Impulses** ist proportional zur Gesamtkraft, die ein Körper erfährt, und diese Veränderung erfolgt längs der Geraden, in welcher diese Kraft wirkt.*

1. Gesetz

Der **Impuls** eines Körpers ändert sich nicht, wenn keine Kraft auf ihn wirkt.



$$F = 0$$

1. Gesetz

*Der **Impuls** eines Körpers ändert sich nicht, wenn keine Kraft auf ihn wirkt.*

2. Gesetz

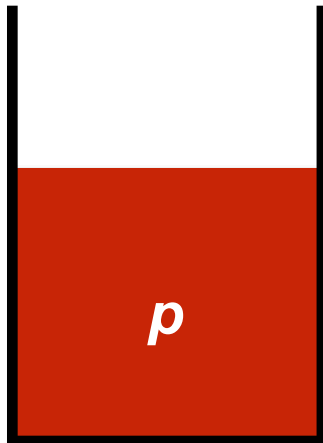
*Die Änderung des **Impulses** ist proportional zur Gesamtkraft, die ein Körper erfährt, und diese Veränderung erfolgt längs der Geraden, in welcher diese Kraft wirkt.*

1. Gesetz

Der **Impuls** eines Körpers ändert sich nicht, wenn keine Kraft auf ihn wirkt.

2. Gesetz

Die Änderung des **Impulses** ist proportional zur Gesamtkraft, die ein Körper erfährt, und diese Veränderung erfolgt längs der Geraden, in welcher diese Kraft wirkt.

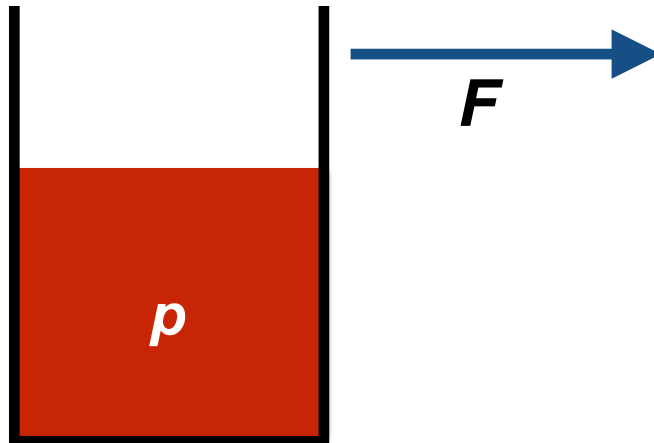


1. Gesetz

Der **Impuls** eines Körpers ändert sich nicht, wenn keine Kraft auf ihn wirkt.

2. Gesetz

Die Änderung des **Impulses** ist proportional zur Gesamtkraft, die ein Körper erfährt, und diese Veränderung erfolgt längs der Geraden, in welcher diese Kraft wirkt.



3. Gesetz

L E X III.

*Actioni contrariam semper & æqualem esse reactionem : sive
corporum duorum actiones in se mutuo semper esse æquales
& in partes contrarias dirigi.*

*Zu jeder Aktion gibt es immer die gleiche entgegengesetzte
Reaktion: oder die gegenseitigen Wirkungen zweier Körper
aufeinander sind stets gleich (groß) und entgegen gerichtet.*

3. Gesetz

Zu jeder Aktion gibt es immer die gleiche entgegengesetzte Reaktion: oder die gegenseitigen Wirkungen zweier Körper aufeinander sind stets gleich (groß) und entgegengerichtet.

Quicquid premit vel trahit alterum, tantundem ab eo premitur vel trahitur. Si quis lapidem digito premit, premitur & hujus digitus a lapide. Si equus lapidem funi alligatum trahit, retrahetur etiam & equus (ut ita dicam) æqualiter in lapidem: nam funis utrinque distentus eodem relaxandi se conatu urgebit equum versus lapidem, ac lapidem versus equum; tantumque impedit progressum unius quantum promovet progressum alterius. Si corpus aliquod in corpus aliud impingens, motum ejus vi sua quomodo-cunque mutaverit, idem quoque vicissim in motu proprio eandem mutationem in partem contrariam vi alterius (ob æqualitatem pressionis mutuæ) subibit. His actionibus æquales fiunt mutationes, non velocitatum, sed motuum; scilicet in corporibus non aliunde impeditis. Mutationes enim velocitatum, in contrarias itidem partes factæ, quia motus æqualiter mutantur, sunt corporibus reciproce proportionales. Obtinet etiam hæc lex in attractionibus, ut in scholio proximo probabitur.

Whatever draws or presses another is as much drawn or pressed by that other. If you press a stone with your finger, the finger is also pressed by the stone. If a horse draws a stone tyed to a rope, the horse (if I may so say) will be equally drawn back towards the stone: For the distended rope, by the same endeavour to relax or unbend it self, will draw the horse as much towards the stone, as it does the stone towards the horse, and will obstruct the progress of the one as much as it advances that of the other. If a body impinge upon another, and by its force change the motion of the other; that body also (because of the equality of the mutual pressure) will undergo an equal change, in its own motion, towards the contrary part. The changes made by these actions are equal, not in the velocities, but in the motions of bodies; that is to say, if the bodies are not hinder'd by any other impediments. For because the motions

3. Gesetz

Zu jeder Aktion gibt es immer die gleiche entgegengesetzte Reaktion: oder die gegenseitigen Wirkungen zweier Körper aufeinander sind stets gleich (groß) und entgegengerichtet.

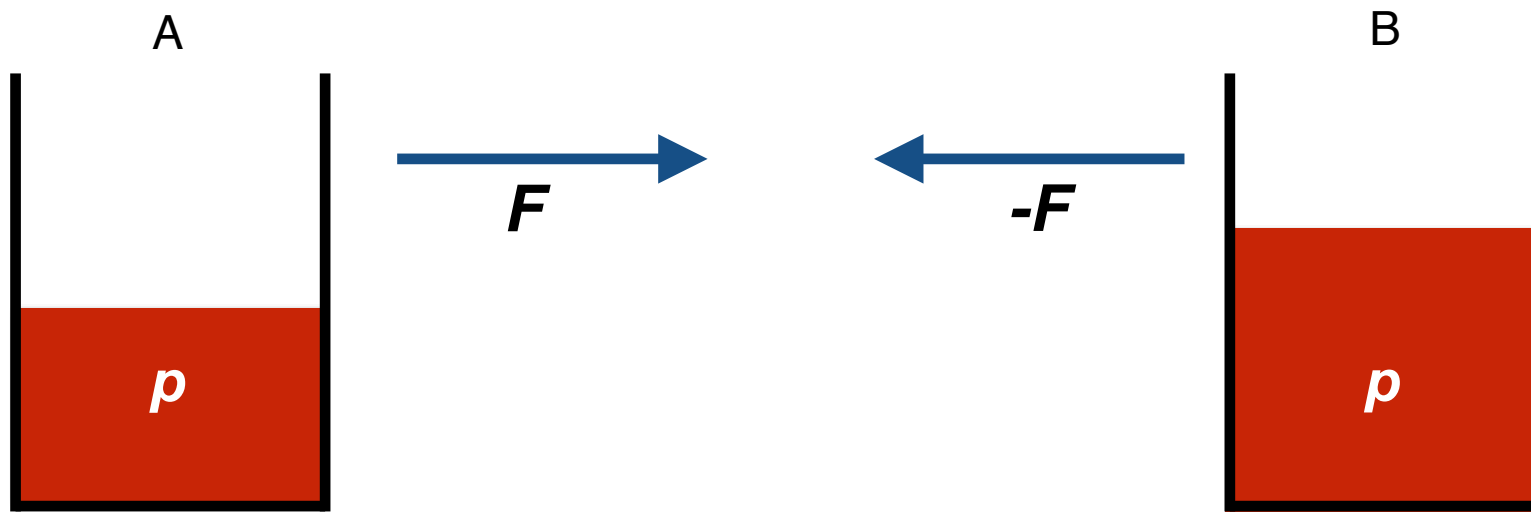
Wirkt ein Körper A mit einer Kraft auf B, so wirkt B auf A mit einer entgegengesetzt gleich großen Kraft.

Verursacht die Kraft, die auf A wirkt, eine Änderung des Impulses von A, so bewirkt die entsprechende Kraft, die auf B wirkt eine entgegengesetzte, dem Betrag nach gleiche Änderung des Impulses von B.

Whatever draws or presses another is as much drawn or pressed by that other. If you press a stone with your finger, the finger is also pressed by the stone. If a horse draws a stone tyed to a rope, the horse (if I may so say) will be equally drawn back towards the stone : For the distended rope, by the same endeavour to relax or unbend it self, will draw the horse as much towards the stone, as it does the stone towards the horse, and will obstruct the progress of the one as much as it advances that of the other. If a body impinge upon another, and by its force change the motion of the other ; that body also (because of the equality of the mutual pressure) will undergo an equal change, in its own motion, towards the contrary part. The changes made by these actions are equal, not in the velocities, but in the motions of bodies ; that is to say, if the bodies are not hinder'd by any other impediments. For because the motions

3. Gesetz

Verursacht die Kraft, die auf A wirkt, eine Änderung des Impulses von A, so bewirkt die entsprechende Kraft, die auf B wirkt eine entgegengesetzte, dem Betrag nach gleiche Änderung des Impulses von B.

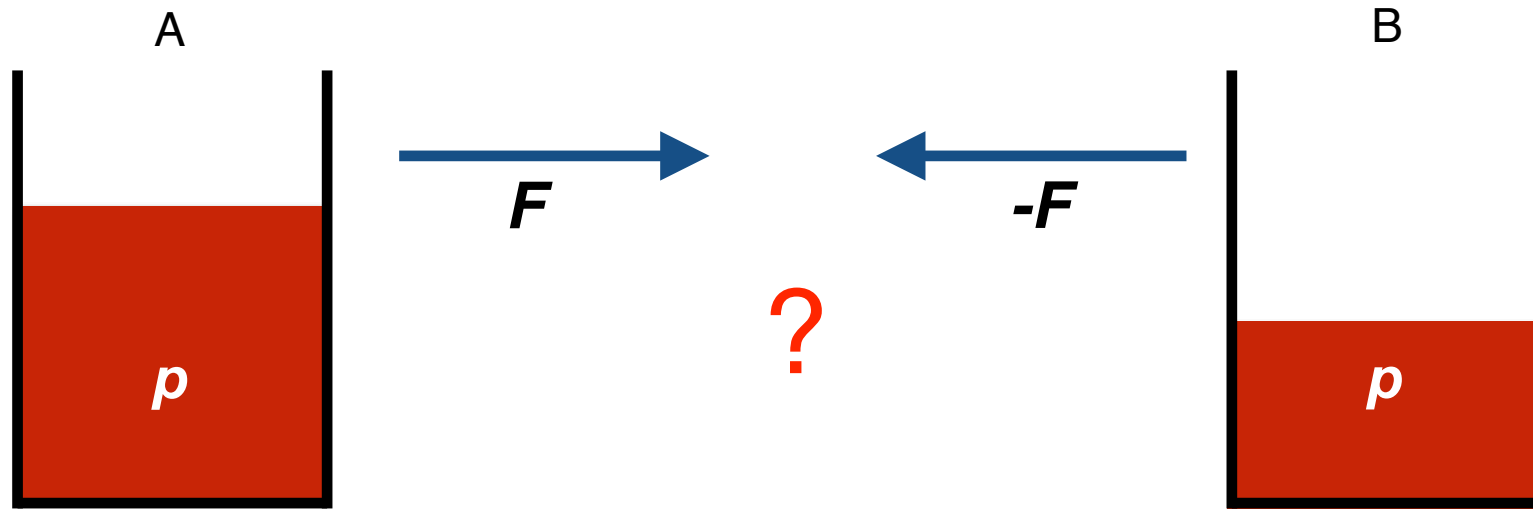


Wird dabei in A Impuls erzeugt, dann wird im gleichen Maße in B Impuls vernichtet.

Wird dabei in A Impuls vernichtet, dann wird im gleichen Maße in B Impuls erzeugt.

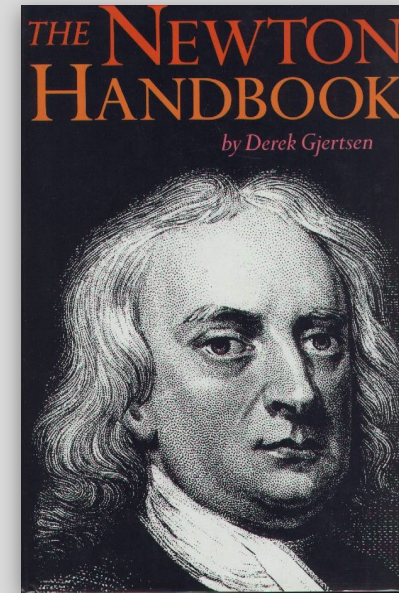
3. Gesetz

Verursacht die Kraft, die auf A wirkt, eine Änderung des Impulses von A, so bewirkt die entsprechende Kraft, die auf B wirkt eine entgegengesetzte, dem Betrag nach gleiche Änderung des Impulses von B.

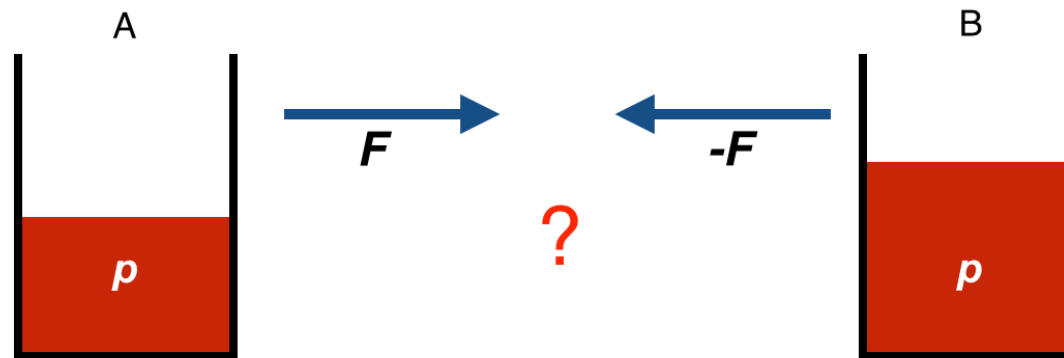


Wird dabei in A Impuls erzeugt, dann wird im gleichen Maße in B Impuls vernichtet, bzw. umgekehrt
Wird dabei in A Impuls vernichtet, dann wird im gleichen Maße in B Impuls erzeugt.

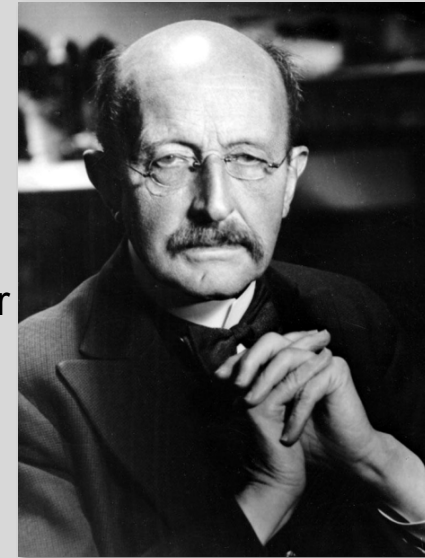
„Es ist undenkbar, dass unbelebte rohe Materie (ohne Vermittlung durch etwas anderes, das nicht materiell ist) auf andere Materie wirken und sie beeinflussen sollte ohne beiderseitige Verbindung ... Dass die Schwerkraft über eine Entfernung durch ein Vakuum ohne die Vermittlung von etwas anderem ... wirken ... sollte, ist für mich ein so großer Unsinn, dass ich nicht glaube, dass ein Mann, der in philosophischen Dingen über eine ausreichende Denkfähigkeit verfügt, jemals darauf hereinfallen kann. Die Schwerkraft muss von einem Agens verursacht sein, das unaufhörlich auf Grund gewisser Gesetze wirkt, aber ob dieses Agens materiell oder nicht materiell sei, ist eine Frage, die ich der Überlegung meiner Leser überlassen habe.“



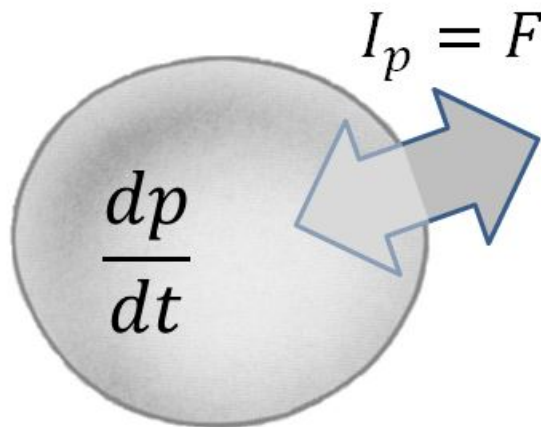
Isaac Newton
1643-1727



Wie die Konstanz der Energie den Begriff der Energieströmung, so zieht notwendig auch die Konstanz der Bewegungsgröße den Begriff der „Strömung der Bewegungsgröße“, oder kürzer gesprochen: der „Impulsströmung“ nach sich. Denn die in einem bestimmten Raum befindliche Bewegungsgröße kann sich nur durch äußere Wirkungen, also nach der Theorie der Nahewirkung nur durch Vorgänge an der Oberfläche des Raumes ändern, also ist der Betrag der Änderung in der Zeiteinheit ein Oberflächenintegral, welches als die gesamte Impulsströmung in das Innere des Raumes hinein bezeichnet werden kann.

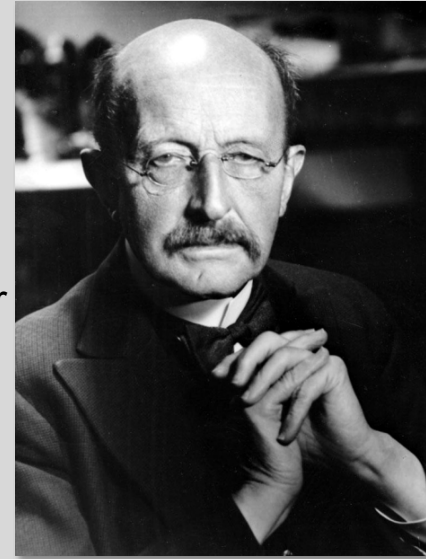


Max Planck
1858-1947



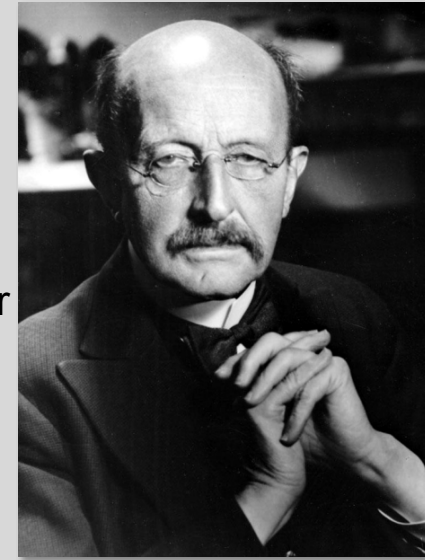
$$\frac{dp}{dt} = I_p = F$$

Wie die Konstanz der Energie den Begriff der Energieströmung, so zieht notwendig auch die Konstanz der Bewegungsgröße den Begriff der „Strömung der Bewegungsgröße“, oder kürzer gesprochen: der „Impulsströmung“ nach sich. Denn die in einem bestimmten Raum befindliche Bewegungsgröße kann sich nur durch äußere Wirkungen, also nach der Theorie der Nahewirkung nur durch Vorgänge an der Oberfläche des Raumes ändern, also ist der Betrag der Änderung in der Zeiteinheit ein Oberflächenintegral, welches als die gesamte Impulsströmung in das Innere des Raumes hinein bezeichnet werden kann.



Max Planck
1858-1947

Wie die Konstanz der Energie den Begriff der Energie-strömung, so zieht notwendig auch die Konstanz der Bewegungsgröße den Begriff der „Strömung der Bewegungsgröße“, oder kürzer gesprochen: der „Impulsströmung“ nach sich. Denn die in einem bestimmten Raum befindliche Bewegungsgröße kann sich nur durch äußere Wirkungen, also nach der Theorie der Nahewirkung nur durch Vorgänge an der Oberfläche des Raumes ändern, also ist der Betrag der Änderung in der Zeiteinheit ein Oberflächenintegral, welches als die gesamte Impulsströmung in das Innere des Raumes hinein bezeichnet werden kann.



Max Planck
1858-1947



1. Gesetz

Ein Körper ändert seinen Impuls nicht, wenn kein Impuls in ihn hinein oder aus ihm herausfließt

2. Gesetz

Die zeitliche Änderung des Impulses eines Körpers ist gleich dem Impulsstrom, der in ihn hineinfließt: $dp/dt = \mathbf{F}$

3. Gesetz

Wenn Impuls von einem Körper A zu einem Körper B fließt, so ist der Strom beim Verlassen von A gleich dem beim Eintritt in B.

1. Gesetz

*Ein Körper ändert seine **elektrische Ladung** nicht, wenn keine **elektrische Ladung** in ihn hinein oder aus ihm herausfließt*

2. Gesetz

Die zeitliche Änderung des Impulses eines Körpers ist gleich dem Impulsstrom, der in ihn hineinfließt: $dp/dt = \mathbf{F}$

3. Gesetz

Wenn Impuls von einem Körper A zu einem Körper B fließt, so ist der Strom beim Verlassen von A gleich dem beim Eintritt in B.

1. Gesetz

Ein Körper ändert seine *elektrische Ladung* nicht, wenn keine *elektrische Ladung* in ihn hinein oder aus ihm herausfließt

2. Gesetz

Die zeitliche Änderung *der elektrischen Ladung* eines Körpers ist gleich dem *elektrischen Strom*, der in ihn hineinfließt: $dQ/dt = I$

3. Gesetz

Wenn Impuls von einem Körper A zu einem Körper B fließt, so ist der Strom beim Verlassen von A gleich dem beim Eintritt in B.

1. Gesetz

Ein Körper ändert seine *elektrische Ladung* nicht, wenn keine *elektrische Ladung* in ihn hinein oder aus ihm herausfließt

2. Gesetz

Die zeitliche Änderung *der elektrischen Ladung* eines Körpers ist gleich dem *elektrischen Strom*, der in ihn hineinfließt: $dQ/dt = I$

3. Gesetz

Wenn *elektrische Ladung* von einem Körper A zu einem Körper B fließt, so ist der Strom beim Verlassen von A gleich dem beim Eintritt in B.