

Zeitschrift: Jahresbericht der Geographischen Gesellschaft von Bern
Herausgeber: Geographische Gesellschaft Bern
Band: 18 (1900-1902)

Artikel: Die schwarzen Flüsse Südamerikas
Autor: Reindl, J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-322400>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 20.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

VI.

Die schwarzen Flüsse Südamerikas.

Von Dr. J. Reindl aus München.

Die erste Kunde davon, dass auf dem südamerikanischen Kontinente Flüsse von «eigentümlich schwarzer Färbung» sich finden, brachte uns ein Spanier, Gonzalo Pizarros Sendling, Orellana. Im Jahre 1540 fuhr derselbe als der erste Europäer den Amazonas hinab und beobachtete mit Staunen die fast schwarze Farbe des Rio Negro, die auch nach der Mündung in den Amazonas noch stundenweit bemerkbar war. Indes, so interessant Orellana die Erscheinung fand, eine forschende Betrachtung hat er ihr nicht gewidmet. Auch aus den folgenden Jahrhunderten sind uns eingehendere Nachrichten darüber nicht bekannt. Erst Alexander von Humboldt hat die Aufmerksamkeit wieder darauf gelenkt. In seinen «Ansichten der Natur» schreibt er nämlich anlässlich seiner Reisen im Orinocogebiete: «In dem oberen Teile des Flussgebietes, zwischen dem 3. und 4. Grade n. Br., hat die Natur die rätselhafte Erscheinung der sog. schwarzen Wasser mehrmals wiederholt. Der Atabapo, der Temi, Tuamini und Guainia sind Flüsse von kaffeebrauner Farbe. Diese Farbe geht im Schatten der Palmengruben fast in Tintenschwarze über. In durchsichtigen Gefässen ist das Wasser goldgelb.» In seiner «Reise in die Aequinoctial-Gegenden» gibt derselbe For-scher schon ein grösseres Ausbreitungsgebiet dieser eigentümlichen Gewässer an. «Um den 5. Grad n. Br.», schreibt er, «fängt man an, sie anzutreffen, und sie sind über den Aequator hinaus bis gegen den 2. Grad s. Br. sehr häufig. Die Mündung des Rio Negro liegt sogar unter dem 3. Grad 9' s. Br.; aber ich weiss nicht, ob der Rio Negro seine braungelbe Farbe bis zur Mündung behält, da ihm durch den Cassiquiare und den Rio Blanco sehr viel weisses Wasser zufließt.»

Da mit Humboldt eine neue Epoche in der Erforschung des südamerikanischen Kontinentes begann und an Stelle gelegentlicher Beobachtung eine auf wissenschaftlichen Prinzipien ruhende Forschung trat, so wurden durch die folgenden Forschungen auch die Nachrichten über die Schwarzwasserflüsse reichlicher und sicherer. Es würde zu weit führen, wollte ich auch nur die Namen all dieser Forscher nennen, die bis in unsere Zeit hinein ein ungeheures Material über dieses Phänomen herbeischafften. Die Namen eines Spix und Martius, eines Richard Schomburgk, eines Bates, Chandless, Avé-Lallemant genügen, um jeden Zweifel an einer gediegenen Forschung zu unterdrücken. Nach den Berichten zahlreicher Reisenden dürfen wir sagen, dass die schwarzen Ströme Südamerikas mit kaum nennenswerter Ausnahme auf der ganzen grossen «Brasilianischen Masse» liegen, die sich als eine alte geologische Bildung vom Orinoco-Apure im Norden bis zum Uruguay im Süden einerseits und von den Anden im Westen bis zu den grünen Fluten des Atlantischen Ozeans im Osten andererseits erstreckt.

Da nun jedes Flusssystem eine Funktion des Bodenreliefs und der Niederschlagsverhältnisse ist, so wäre es hier angezeigt, wenn ich auf die Topographie, auf die Geologie und Meteorologie dieser Flussgebiete näher eingehen würde. Allein der Raum erlaubt es nicht. Auch auf die einzelnen Schwarzwasserflüsse im *besonderen* kann ich nicht näher eingehen, da dies zu weit führen würde.¹⁾ Da in diesem Gebiete fast *alle* Gewässer, mit Ausnahme der aus den kalkigen Anden kommenden Flüsse, schwarz sind, so ist eine Aufzählung derselben auch überflüssig. Mehr Interesse dürften einige *allgemeine* Eigenschaften dieser eigenartigen Wasser haben. Vor allem ihre Grössendimensionen. Der Araguaya, ein Nebenfluss des Amazonas und mit schwarzem Wasser, ist länger als die Wolga, der grösste Fluss Europas. Auch der Xingú, der Tapajos, der Rio Negro sind, obwohl Tributäre des Marañon, so lang wie die Donau, der zweitgrösste Strom unseres Erdteiles. Noch mehr imponieren die Breitendimensionen dieser Gewässer. Fast alle schwarzen Nebenflüsse des Amazonas haben eine seeartige Erweiterung an ihrer Mündung.

1) Eine eingehende Darlegung siehe in Dr. Jos. Reindl, Die schwarzen Flüsse Südamerikas. Münchener geographische Studien, Heft 13. München, Th. Ackermann, 1903. 192 Seiten.

Der Rio Negro ist schon in seinem Mittellaufe 35—40 km breit, dreimal so breit ungefähr wie der Bodensee an seiner breitesten Stelle. Auch der Tapajos hat auf eine Länge von 800—900 km in seinem Unterlaufe (Länge der Aare: 400 km) eine Breite von 15—20 km! Aehnliche Breitenausdehnungen im Unterlaufe haben auch der Xingú, der Araguaya-Tocantins, der Trombetas u. s. w. Auch in ihren *Tiefen* können sich unsere europäischen Flüsse mit ihren schwarzen südamerikanischen Kollegen nicht messen. Auf eine Strecke von 1200 km (Länge des Rheins) hat z. B. der Tapajos, obwohl nur ein mittlerer Nebenfluss des Amazonas, eine beständige Tiefe von 70—80 m. (Als Vergleich der Turm des Berner Münsters!) Ebenso interessant dürfte das *Fallen und Steigen* dieser Flüsse sein. Die vom Wasser zur Periode seines Fallens an den Bäumen zurückgelassenen Schlammspuren sind es, welche den Reisenden an jene gewaltige Höhe erinnern, die das entfesselte Element zur Zeit der Ueberschwemmungen erreicht, und wovon sich ein Europäer nur selten eine annähernd richtige Vorstellung macht. Meist reichen die wildwogenden Fluten bis an die Wipfel der Bäume, die dem Drange der Wellen preisgegeben sind. Nur bei manchen der von mir in meiner Untersuchung betrachteten Schwarzwasserflüsse ist die Differenz zwischen dem höchsten und niedersten Wasserstande einigermassen bekannt. Sie beträgt z. B. beim

Essequibo (im Oberlauf)	8 m,
Rio Negro (Unterlauf)	12 m,
Araguaya bei S. Leopoldina	8 m,
Araguaya bei S. Maria	9 m,
Unterer Tocantins	10 m,
Tapajos (Mittellauf)	9 m.

Wie bedeutsam diese Erscheinung auch für die ganze organische Lebewelt dort ist, schildert uns Avé-Lallemant in unvergleichlich schönen Worten: «Das Steigen der Flüsse wird dort niemals eine Ueberschwemmung genannt. Wohnungen, Pflanzungen, Viehhürden, — alles ist auf das Steigen der Flüsse eingerichtet. Furchtlos sieht man das unabsehbare Element anschwellen und seine volle Höhe erreichen. Die Tiere des Waldes ziehen sich weit zurück vom Flusse und machen ebenso, wie der Fluss wächst und fällt, ihre typischen Wanderungen. Je mehr nun der Fluss wieder fällt, desto höher treten seine

Ufer wieder hervor, desto mehr erscheinen in dem Strome von meerartiger Ausdehnung Sandbänke und nackte Schlamminseln. Die Zeit der Ufer (tempos das prayas) nennt man diese Zeit. Und jetzt entwickelt sich wieder ein volles, reges Tierleben am Ufer. Tapire, Capivaris und andere Nager zeigen sich; die Unzen kommen zum Fischen an das Ufer; mit dem Schwanz, den sie in das Wasser hineinhängen lassen, locken sie die Fische an und mit der Tatze schleudern sie geschickt ihre Beute auf das Trockene. Wo die Fische sonst hausten, laufen die befiederten Bewohner der Lüfte und des Waldes umher, ein buntes Gewimmel und Getümmel.»

Um nicht immer im Geiste auf dem südamerikanischen Kontinent zu verweilen, betrachten wir andere Erdteile, wo ähnliche Erscheinungen, wenn auch nicht in so bedeutendem Masse, doch in ansehnlicher Grösse sich gleichfalls finden. Schon Humboldt erwähnt aus den alten Erdbeschreibungen die schwarzen Bäder von Astyra und Lesbos und macht ferner aufmerksam auf die braunen, ja fast schwärzlichen Seen von Savoyen, die er mit eigenen Augen gesehen. Der damalige Stand der Geographie ermöglichte es ihm nicht, auch andere Gebiete zum Vergleiche anzuführen, wo dieses Phänomen besonders ausgeprägt und ausgedehnt erscheint. Unsere heutigen geographischen Kenntnisse, obwohl ebenfalls, namentlich in Bezug auf die Erforschung der Flüsse, noch auf sehr schwacher Basis ruhend, ermöglichen es jedoch, einen grösseren Ausbreitungsbezirk für diese merkwürdige Erscheinung anzugeben. So finden wir die Schwarzwasserflüsse z. B. in Afrika fast in gleich grosser Ausdehnung wie in Südamerika. Eine ganze Anzahl von Kongotributären z. B. hat nach den Aussagen zahlreicher Afrikaforscher die nämliche klare, schwarze Farbe wie die Gewässer Brasiliens und Guayanas. In Sievers «Afrika» heisst es unter anderem: «Von Norden erhält der Kongo den Nkuku oder «Schwarzenfluss», dessen Wasser, wie das *aller aus dem Waldgebiete kommenden fast schwarz ist. Auch die linken Nebenflüsse* des Kongo, die das grosse Waldgebiet durchströmen, haben *ebenfalls klares schwarzes Wasser.*» Und gehen wir nach Nordamerika, so finden wir in manchen Gebieten die gleiche Erscheinung. Deckert schreibt z. B. in seiner grossen Abhandlung über «Land und Leute in den nordamerikanischen Südstaaten»: «In ihrem Oberlaufe sind die Ströme der Südstaaten

fast allenthalben rasch und reissend, und infolge ihres ausserordentlichen Reichtums an Sinkstoffen stellen sie daselbst fast ohne Ausnahme trübe Schmutzfluten dar, die je nach ihrem Gehalt an Eisenoxyden bald gelblichweiss, bald gelbrot gefärbt sind. In ihrem Unterlaufe dagegen fliessen sie langsam und ruhig dahin, und vielfach könnte man fast von einem Schleichen oder Stagnieren bei ihnen reden; ihr Wasser aber erscheint durch die reduzierende Wirkung der darin modernden Pflanzenreste schwärzlich gefärbt und bis auf den Grund hinab durchsichtig.»

Auch Asien hat seine Schwarzwasserflüsse mit klarem, dunklem Wasser. Die sämtlichen Urgebirgswasser um den Baikalsee haben schwarze Fluten. Der Baikalsee selbst zeigt jene schwärzliche Färbung; ferner wissen wir auch vom schwarzen Irkut und vom Amur, dass ihnen die Bezeichnung «Schwarzwasser» vollständig gebührt. Von letzterem Fluss schreibt z. B. Perry: «Nach der Vereinigung der beiden Quellflüsse hat das Wasser des Amur, vom Ufer aus gesehen, eine schwärzliche Farbe; in einem Glase betrachtet, zeigt es eine helle Schattierung von Teefarbe. Die Tartaren nennen deshalb den Fluss Sachalin, d. i. Schwarzfluss.»

In Europa scheinen die Schwarzwasserflüsse ebenfalls den alten Gebirgsarten eigen zu sein. In Süd- und Nord-Irland, in Schottland und in Schweden nämlich treten diese Gewässer in grosser Anzahl auf. Die sogenannten «black-waters» Irlands vergleicht schon Reclus mit den schwarzen Flüssen Südamerikas, und von den Gewässern Schottlands berichtet uns Ruith, dass sie alle klar und schwarz seien. Wie im «aledonischen Gebirge» von Suess, so sind die schwarzen Gewässer auch im «variskischen Gebirgszuge» zu finden. Schon aus den alten Quellen lesen wir: «nach dem Rhein geend in das gross deutsch Meer Vidrus, ein schwarzwasser in hessen entspringende aus den Bergen Chattorum». Kiepert denkt bei Vidrus an die Vechte; doch dürfte dieser Fluss nicht gemeint sein. Namentlich im Schwarzwald haben die kleinen Flüsse und Bäche, wie ich selbst beobachtet, klare und schwärzliche Wellen, und auch die Bezeichnung «dunkler» Mummelsee ist keine leere dichterische Phrase. Am auffälligsten schwarz sind jedoch die Ströme der alten böhmischen Masse. Schwager schreibt davon: «In scharfem Gegensatz stehen zu den südlichen Zuflüssen und der Donau

selbst, welche meistens bald eine bläulichgrüne, bald wieder eine grünliche Färbung aufweist, die nördlichen Flüsse des Urigebirges. Diese zeigen meist die braune Farbe, die bei einigen bis zum tiefen Schwarz übergeht. Auch die Flüsse des Fichtelgebirges stellen sich in dieser Beziehung zur Seite. Nach der Farbenabstufung ergibt sich folgende Reihe: Naab, Regen, Erlau, Saale, Ilz und als das dunkelste jenes des Rachelsees.» Auch zu den Reizen des Schweizerlandes gehören solche Schwarzwasser, die wir z. B. auf der Hochfläche von Les Ponts bei unseren Wanderungen durch den herrlichen Jura gesehen.

Am meisten interessiert uns selbstverständlich die Herkunft der Farbe dieser Gewässer. Gehen wir darauf ein! Ueber die Ursache der schwarzen Färbung unserer betrachteten Flüsse haben sich schon die verschiedensten Forscher geäussert. Unter den zahlreichen Anschauungen will ich jedoch nur eine und zwar die zugleich tiefgehendste, auf wissenschaftlicher Untersuchung beruhende, herausgreifen, nämlich die Meinung von Müntz und Marcano. Diese Forscher suchten das Rätsel auf chemischem Wege zu lösen. «Die Ursache der Farbe dieser Wasser ist,» schreiben sie, «noch unaufgeklärt. Der eine von uns, Herr Marcano, ist in der Lage gewesen, die schwarzen Flüsse zu beobachten und in einer ausführlichen Beschreibung des oberen Orinoco die peinliche Genauigkeit der von Alex. von Humboldt angeführten Tatsachen zu konstatieren. Wir haben in der chemischen Zusammensetzung die Erklärung für diese Eigenart gesucht. Die Region, in welcher man diese Wasser antrifft, ist die Granitformation, bedeckt mit üppiger tropischer Vegetation. Das untersuchte Muster ist im Laboratorium angekommen, zwei Monate nachdem es dem Flusse entnommen; es hatte seine Farbe bewahrt, einen frischen und angenehmen Geschmack und eine vollkommene Klarheit. Die Analyse dieses Wassers hat ergeben, dass es per Liter 0,028 g organische Substanz enthält, die beinahe ganz aus jenen braunen, noch schlecht definierten Säuren besteht, wie sie sich in Torfmooren bilden. Dieses Wasser reagiert sauer; die Reaktion verstärkt sich mit zunehmender Konzentration, bis sie dem Geschmacke sehr fühlbar wird. Man findet darin wenig Kalk (weniger als 0,001 g per Liter); die Humussubstanz befindet sich also in ungebundenem Zustande. Nitrate fehlen ganz. Andere mineralische Stoffe sind spärlich vorhanden; ihre Summe überschreitet nicht 0,016 g per Liter; sie bestehen aus Kiesel-

säure, Eisen- und Manganoxyden, Aluminium und Kali mit Spuren von Ammoniak.

« Die Herkunft dieser Gewässer und ihre Zusammensetzung ermöglichen uns, eine Erklärung ihrer Farbe und ihrer Eigenschaften zu geben. Diese Wasser haben sich durch die Lösung der freien Humussäuren gefärbt, welche sich durch die Zersetzung vegetabilischer Substanzen auf Granitboden, niemals auf Kalkboden, gebildet haben. Sie gleichen in dieser Hinsicht den Wässern, welche aus Torfmooren ablaufen. Sie behalten ihre Farbe dauernd, weil bei Abwesenheit von Kalk und trotz des Luftzutritts der Nitrifikationsprozess und daher die Verbrennung der organischen Substanzen nicht vor sich gehen kann, wie dies das vollständige Fehlen der Nitrate beweist. »

Nun zu *meinen* Untersuchungen!

In neuerer Zeit hat man das Thema über die Färbung der Gewässer mit grosser Vorliebe behandelt. In geradezu klassischer Weise stellt F. A. Forel die Frage der Wasserfärbung in seinem Handbuch der Seenkunde dar. Er unterscheidet dabei zwischen der «Eigenfarbe» des Wassers und der «scheinbaren» Farbe desselben. Letztere Farbe nimmt ein Beobachter wahr, wenn er ein Gewässer unter einem schießen Winkel beobachtet. Vom Ufer aus gesehen, schreibt Forel, erscheint die Oberfläche eines Sees gefärbt, doch nicht in den Tönen des Seewassers, sondern in denjenigen der jenseits des Sees gelegenen Landschaft. Ist der See ruhig, führt dieser Forscher weiter aus, so ist die Reflexion an seiner Oberfläche sehr vollkommen; sobald sich aber die Oberfläche des Gewässers unter dem Einfluss des Windes oder irgend eines mechanischen Impulses auch nur im geringsten kräuselt, vollzieht sich die Spiegelung unter ganz anderen Bedingungen. Jede Welle stellt nämlich einen zylindrischen, im Wellenkamm konvexen, im Wellental konkaven Spiegel dar, der bei grösserem Einfallswinkel verzerrte, in ihrer Höhe verkleinerte virtuelle Bilder der gespiegelten Gegenstände gibt. Der konkave Teil der Welle erzeugt verkehrte, der konfexe Teil aufrechte Bilder. Es entsteht so durch Spiegelung eine gewisse Färbung der Oberfläche des Gewässers, die die Resultante aller gefärbten sich spiegelnder Gegenstände und ihrer selektiven Zurückstrahlung ist. Diese scheinbare, durch Spiegelung an der Oberfläche entstandene Färbung ist nur bei ganz glattem Wasserspiegel und gewisser Entfernung des Beobachters von der Wasserfläche mehr oder minder

allein sichtbar; meist aber kombiniert sie sich mit der Eigenfarbe des Wassers, die von jener wohl unterscheiden werden muss.

Auch bei unseren Schwarzwasserflüssen lässt sich die scheinbare Farbe beobachten. Auf sie führen sich die mannigfaltigen Nuancierungen zurück, die eine Folge der wechselnden Beleuchtung im Laufe der Stunden und Tage, der Beschattung durch die Wälder, durch Wolken u. s. w. sind. Allein diese kleinen, zarten Abstufungen der Farbentöne haben mit der eigentlichen schwarzen Farbe der betreffenden Gewässer nichts zu tun; diese ist immer und unter allen Umständen vorhanden, wenn sie auch je nach dem Wasserstand in ihrer Intensität sich ändern kann. Gehen wir auf diese Eigenfarbe näher ein.

Wenn man einen See, dessen Tiefe so gross ist, dass der Boden des Beckens nicht mehr durchschimmert, senkrecht von oben betrachtet, so dass eine Spiegelung der Gegenstände ringsum ausgeschlossen ist, so erscheint dessen Wasser blau oder grün, seltener gelblich, grau, braun u. s. w., je nach der Jahreszeit und je nach seinen Eigenheiten. Diese Farbe, die nicht durch Oberflächenspiegelung entstanden sein kann, ist die Eigenfarbe des betreffenden Gewässers. Wie kommt diese zustande?

Wäre das Wasser absolut rein, so würden die Lichtstrahlen in der ihnen durch die Brechung gegebene Richtung weiterdringen, sie würden allmählich durch Absorption des Wassers ausgelöscht werden. In einer bestimmten Tiefe würde praktisch alles Licht ausgelöscht sein. Solches Wasser müsste, da alles Licht absorbiert und nichts reflektiert wird, bei Betrachtung von oben ganz schwarz erscheinen.

Das Wasser enthält jedoch zahllose mineralische und lebende oder abgestorbene organische Partikel, die ebenso zahlreiche Lichtschirme bilden, an denen das ins Wasser eindringende Licht zurückgeworfen wird, ehe es ganz absorbiert ist. Dieses von den Lichtschirmen reflektierte Licht gelangt durch das Wasser zurück und in unser Auge; auf ihm beruht die Eigenfarbe der betreffenden Gewässer. Diese Eigenfarbe des Wassers, wie wir sie bei auffallendem Lichte sehen, ist also durchaus abhängig von der Eigenfarbe des Wassers, wie sie sich bei durchfallendem Licht zeigt.

Welches sind nun die Faktoren, die die Eigenfarbe des Wassers bestimmen?

Nach den Untersuchungen von Bunsen ist das destillierte chemischreine Wasser nicht farblos, sondern es hat von Natur aus eine reine blaue Färbung, d. h. es absorbiert alle andern Strahlen des weissen Lichtes stärker als die blauen. Das bestätigten durch weitere Experimente auch Beetz und Spring.

Diese dem chemisch reinen Wasser zukommende rein blaue Farbe kann nun durch mancherlei modifiziert werden, nämlich:

1. Durch Beimengung schwebender Partikel,
2. Durch Auflösung von färbenden Substanzen.

Welche dieser beiden Agentien bewirkt nun die dunkle Farbe unserer betrachteten Flüsse?

Interessant und sehr wichtig ist, dass unsere behandelten Flüsse ausserordentlich arm an suspendierten Substanzen sind. Da nun das Wasser desto dunkler erscheint, je reiner es an suspendierten Stoffen ist, so trägt diese Reinheit bei zahlreichen Flüssen, die eine sehr grosse Tiefe besitzen (Tapajos, Trombetas etc.), sicher dazu bei, sie schwarz erscheinen zu lassen. Allein, dass die schwarze Farbe nicht einfach durch die Tiefe bedingt ist, geht daraus hervor, dass sie auch bei flachen Flüssen auftritt.

Da unsere schwarzen Flüsse ganz klares, d. h. schlammfreies Wasser führen, so leuchtet ein, dass die schwarze Färbung grösstenteils durch *gelöste* Farbstoffe hervorgerufen sein muss.

Fragen wir nach den im Wasser gelösten Substanzen, so ist zunächst zu betonen, dass dieselben überaus gering sind. Es hängt das mit der Beschaffenheit des Einzugsgebietes der schwarzen Flüsse zusammen. Der petrographische Charakter in allen Bezirken der schwarzen Flüsse ist immer der Gleiche: Urgestein, Sandstein, Ton und Laterit, die bezüglich ihrer chemischen Zusammensetzung einander ganz gleich sind: Silikate, deren wichtigster Bestandteil die Kieselsäure ist, die zwischen 40—80 % der Gesamtmasse ausmacht. Wie verschieden z. B. der Gehalt der Urgebirgsgewässer an gelösten Substanzen, verglichen mit dem der Flüsse anderer Formationen, ist, zeigt folgende Tabelle:

Zusammensetzungen in % von 100 Teilen Rückstand in den Wassern :

	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	Cl	SiO ₂	SO ₃	Rest
der Triasformation (Keuper und Muschelkalk)	3,24	4,29	29,34	9,0	4,15	7,09	16,27	26,62
der Urgebirgsform.	11,50	9,70	9,00	5,1	12,00	28,90	8,67	15,13

Das Mittel im Trockenrückstand eines Liters ist in den Wassern aus der Triasformation 248 mg, aus dem Urgebirge 87 mg.

Auch die Wasser des Sandsteingebietes gleichen den Urgebirgsgewässern an Armut der gelösten Mineralstoffe, und ihre Reinheit kommt vielfach der des destillierten Wassers nahezu gleich.

Dass auch die schwarzen Flüsse Südamerikas ausserordentlich arm an gelösten Bestandteilen sind, berichtet uns z. B. Katzer. Er schreibt: «Das Tapajos-Wasser ist äussert klar, so dass man selbst durch eine 3 bis 4 Meter mächtige Schicht bis auf den Grund sieht. Die Analyse einer bei Itaituba geschöpften Probe ergab einen aussergewöhnlich geringen Gehalt an gelösten Bestandteilen, in welchem Sinne der Tapajos zu den reinsten Flüssen der Welt gehört. Ich kann darauf hinweisen, dass alle Fluss- und Bachwasser des Amazonasgebietes, die ich untersucht habe, ohne Ausnahme durch eine auffallende Armut an gelösten Bestandteilen ausgezeichnet sind.»

Dagegen zeigen diese Flüsse einen ausserordentlichen Reichtum an *Huminsäure*, resp. Verbindungen derselben. Das Vorhandensein enormer Massen an organischen Bestandteilen haben uns die Analysen durch Pfaff und Müntz und Marcano beim Rio Negro-Wasser ergeben. Dass diese färbenden Humussäure-Verbindungen den verwesenden Pflanzenmassen der Einzugsgebiete der Schwarzwasserflüsse entstammen, ist von vornherein klar. In der Tat hat F. A. Forel ebenso wie Wittstein durch Beimengung von Torfmooren zu Wasser des Genfer Sees die verschiedensten Färbungen bis zu braun und schwarz hervorbringen können. Allein rätselhaft bleibt es, warum Torfwasser, resp. Wasser aus verwesenden Pflanzenmassen, nur im Urgebirge eine Schwarzfärbung hervorbringen, im Kalkgebiete aber nicht.

Hierüber gibt folgendes Experiment Aufschluss, das ich nach Rücksprache mit Hrn. Dr. Wein, Professor der Chemie an der Akademie Weihenstephan, und mit Hrn. Apotheker Dr. Heiss aus München in des letzteren Apotheke angestellt habe. Ich nahm drei mit destilliertem Wasser gefüllte Gefässer und legte in jedes derselben Humus (Torf oder Waldhumus); während das erste Gefäss ohne anderen Zusatz gelassen wurde, brachte ich in das zweite Gefäss kohlensaures Natron, und in das dritte kohlensaures Kali. In ganz kurzer Zeit nahm das Wasser im zweiten und im dritten Glase eine dunkle Färbung an, während das Wasser im ersten

Glase sich nicht änderte, sondern weiss blieb. Hieraus geht hervor, dass die Humussäure nicht etwa in reinem Wasser einfach aus dem Torf in Lösung geht und dasselbe färbt, sondern dass im Wasser Alkalien gelöst sein müssen, damit eine Färbung eintritt, wie schon Wittstein¹⁾ betonte. Wenn auch, wie Schwager²⁾ behauptet, Humussäure durch freie Lösung ins Wasser gelangen kann, so sind die Mengen jedenfalls gering und nicht imstande, eine merkliche Färbung des Wassers zu bewirken; die Anwesenheit von Alkali im Wasser ist notwendig. Auch Wollny hat dies betont, wenn er auch eine freie Lösung für möglich hielt.³⁾

Ein Versuch mit hartem, d. h. kalkreichem Wasser ohne Alkalien ergab indes keine Färbung. Ja die Beimengung von Wasser, in dem grössere Quantitäten doppelkohlensauren Kalkes gelöst waren, zu Wasser, das vorher unter Mitwirkung von Alkali durch Humussäure schwarz gefärbt worden war, ergab eine fast vollständige Entfärbung des letzteren.

Der letztere Versuch wurde in zweierlei Weise vorgenommen. In der Apotheke des Herrn Dr. Heiss wurde eine starke Lösung von doppelkohlensaurem Kalk benutzt, die durch Durchleiten von Kohlensäure durch einen Brei von präzipitiertem kohlensaurem Kalk und zehn Teilen Wasser gewonnen worden war. Die Entfärbung erfolgte bei Zusatz dieser Lösung zu schwarzem Wasser, das vorher durch Auflösung von Humussäure in alkalihaltigem Wasser sehr dunkel geworden war; nur ein schwacher Stich ins Weingelbe blieb zurück. Im geographischen Institut der Universität Bern wiederholte ich den Versuch mit einer schwachen Lösung, die durch Schütteln von präzipitiertem kohlensaurem Kalk mit dem Wasser einer Sodorflasche hergestellt war. Die Entfärbung erfolgte hier allmählich und erreichte erst nach einigen Tagen den Grad, wie beim ersten Experiment sofort. Bräunlicher Schlamm setzte sich in beiden Fällen zu Boden. Wie sich diese Vorgänge chemisch erklären lassen, kann ich nicht sagen, da die Humussäure, Geinsäure etc. und die entsprechenden Verbindungen beider noch wenig untersucht sind. Nur als Vermutung möchte ich hier folgendes anführen: Humussäure, Geinsäure etc., wie sie

¹⁾ Sitzungsberichte der k. b. Akademie der Wissenschaften in München, 1860, S. 603.

²⁾ Schwager, Geognostische Jahreshefte, 1894 und 1897.

³⁾ Wollny, E., «Die Zersetzung organischer Stoffe etc.». Heidelberg 1897.

im Torf, überhaupt in allen verwesenden Pflanzenmassen vorhanden sind, sind in reinem Wasser nur minimal frei löslich. Enthält das Wasser Alkalien, so gehen diese mit der Humussäure Verbindungen ein, die leicht löslich sind und nun das Wasser färben. Wird eine Lösung von doppelkohlensaurem Kalk beigefügt, so verdrängt das Calcium die Alkalien und es entstehen humussaure Calciumverbindungen. Diese sind schwer löslich und fallen daher als schwarzer Niederschlag aus, so eine Entfärbung des Wassers hervorbringend. Verstärkt wurde diese Entfärbung noch durch Zulegung von Magnesia.

Was ergibt sich nun aus diesem Experimente für die Frage der schwarzen Flüsse?

Zunächst erklärt sich sofort, warum wir schwarze Flüsse nur auf Urgebirge, Sandstein, Tongestein etc., aber nie auf Kalkboden treffen. Urgebirgsmassen, überhaupt Silikatgesteine, enthalten nämlich Alkalien. Gelangen nun verwesende Pflanzenmassen mit Wasser, das aus diesen Gesteinen Alkalien durch Lösung aufgenommen hat, in Berührung, so färbt es sich schwarz, da sich die löslichen humussauren Alkaliverbindungen bilden. Bei der Lösung der Alkalien des Urgesteins bleibt die Kieselsäure der Feldspäte zurück; diese ist weiss; so ist auch das Bett der schwarzen Flüsse weiss.

Anders bei Flüssen auf Kalkboden; dieselben enthalten doppelkohlensauren Kalk und Magnesia in grossen Mengen. Diese gehen mit der Humussäure der verwesenden Pflanzensubstanzen Verbindungen ein, aber diese sind nicht löslich und scheiden sich daher am Boden aus. Der Boden der Flüsse des Kalkgebietes ist deshalb schwarz, das Wasser aber weiss. Also genau, wie wir das oben geschildert haben.

Aber auch die Entfärbung der Schwarzwasserflüsse nach Betreten von Kalkboden erklärt sich: Das Calcium des als doppelkohlensaurer Kalk in Lösung gehenden kohlensauren Kalkes, sowie das Magnesium verdrängen die Alkalien in den humussauren Verbindungen; es bilden sich so humussaure Calcium- und Magnesiumverbindungen, die als schwerlöslich ausfallen. Das in Lösung bleibende Alkali bleibt infolgedessen ohne Wirkung für die Färbung des Flusses, und dieser wird aus einem schwarzen ein weisser Fluss.

Das genügt völlig, um das Auftreten der Schwarzwasserflüsse zu erklären. Wir brauchen nichts weiter, und brauchen

vor allem nichts voraussetzen, was nicht durch Beobachtungen belegt ist. Damit soll aber nicht gesagt sein, dass nicht vielleicht auch andere Faktoren bei der Färbung der Schwarzwasserflüsse mitsprechen können. So glaubte Schwager jüngst eine andere Ursache für die Dunkelfärbung der Silikatgewässer gefunden zu haben. Er nimmt die Diatomeen, die infolge des grossen Kieselsäuregehaltes zahlreich in jenen Gewässern leben, als Färbungssubstanz an. «Manche Flüsse», schreibt er, «scheinen durch die zahlreichen Diatomeen im Verein mit braunschwarzen Flocken unbestimmter Art auf diese Weise wie mit manganhaltigen Eisenausscheidungen erfüllt, was sich bei näherem Zusehen als diese Anhäufung von zweifelhaften kleinsten Lebewesen pflanzlicher Natur herausstellt. Und wir werden nicht fehl gehen, wenn wir jegliche Färbung der Gewässer, wie zur Zeit schon vielerorts nachgewiesen wurde, mit der zuständigen Flora und Fauna, zumal mit den niederen Lebewesen in Zusammenhang setzen.» In der Tat! In fliessenden Silikatgewässern, wo die Kieselsäure zwischen 40—80 Prozent der Gesamtmasse der gelösten Bestandteile ausmacht, ist jenen niederen Organismen unzweifelhaft zu ihrer Existenz ein so günstiges Feld gegeben, dass ihr Dasein in grossen Massen möglich erscheint. Da auch bei verschiedenen Meeren, so z. B. im Grönländischen Meere, bereits nachgewiesen wurde, dass zahllose Kieselpflanzen eine «Schwarzfärbung» des Wassers verursachen, so ist die Schwagersche Anschauung nicht direkt von der Hand zu weisen. Allein sie erklärt uns noch vieles nicht. Warum kommen die Schwarzwasserflüsse auf Silikatgesteinen stark ausgeprägt nur im Urwald- und Moorgebiet vor und fast gar nicht im Steppen- und Wüstengebiet? Das vegetationsarme Mato Grosso in Brasilien ist fast bar an solchen Gewässern, während die dichtbewaldete, moorige Sierra do Maar überaus reich an solchen Flüssen ist. Aehnliche Beispiele gibt es in solcher Zahl, dass eine Anführung derselben unnötig ist. Freilich weiss Schwager für diesen Vorhalt eine Antwort: «Treten», schreibt er, «im Verlauf ihres Weges für jene Organismen günstige Lebensbedingungen ein, zu denen wir einen gewissen Salzgehalt des Wassers und verminderde Bewegung gewiss rechnen können, so wird leicht eine bedeutende Vermehrung derselben Platz greifen können.» Wir zweifeln nicht, dass im einen oder andern Fall jene Lebewesen etwas dazu beitragen können, einen dunklen Ton bei den Ge-

wässern zu verursachen; allein diese Erklärung auf alle schwarzen Flüsse und speziell auf diejenigen Südamerikas anzuwenden, geht eben deshalb nicht, weil für diese die Existenz von massenhaften Diatomeen überhaupt noch nicht nachgewiesen ist. Dass sie aber Alkali enthalten, ist sicher, da sie im Urgebirge fliessen. Dass ihnen ferner Verwesungsprodukte von Pflanzen in Menge zukommen, steht ebenfalls fest. Das aber genügt völlig zur Erklärung ihrer schwarzen Farbe.

Anders dürfte es mit der von Spring besonders betonten Rolle des kohlensauren Eisenoxyduls bei der Dunkelfärbung der Gewässer sein. Gerade die Silikatgesteine sind reich an Eisenoxyd, das bei Anwesenheit chemischer Verbindungen leicht zu Eisenoxydul reduziert werden kann und als kohlensaurer Eisenoxydul in Lösung bleibt. Da nun, wie Spring¹⁾ durch Experimente nachgewiesen hat, das Eisenoxydul etwa in einer Verdünnung von 1/10 000 000 eine Gelb- oder Braunfärbung der Gewässer verursacht, so darf fast sicher angenommen werden, dass das kohlensaurer Eisenoxydul auch beteiligt ist bei der Schwarzfärbung mancher unserer betrachteten Flüsse.

Kurz zusammengefasst ergibt sich also:

1. Schwarzwasserflüsse finden sich nur in Gegenden, wo grosse verwesende Pflanzenmassen vorkommen.
2. Sie treten in Südamerika und auch anderwärts nur auf Gesteinen auf, die Alkalien enthalten, auf Granit, Gneis, Sandstein, Laterit, Ton, kurz auf Silikatgesteinen.
3. Sie fehlen durchaus auf Kalkboden.
4. Tritt ein Schwarzwasserfluss auf Kalkboden über, so verliert er nach kurzem Lauf seine schwarze Farbe und wird ein Weisswasserfluss.
5. Das Bett der Schwarzwasserflüsse ist weiss, das der Weisswasserflüsse, die Moorwasser aufnehmen, schwarz.
6. Die Schwarzfärbung des Wassers führt sich darauf zurück, dass bei Anwesenheit von Alkalien im Wasser, wie sie stets auf Silikatgesteinen eintritt, die Humussäure mit diesen leichtlösliche, das Wasser braunfärbende Verbindungen (z. T. saure Verbindungen) eingeht.

¹⁾ Spring, Sur la cause de l'absence de coloration, etc. Brüssel 1898, S. 5 und 6.

7. In gleicher Richtung dürfte auch in Wasser gelöstes kohlensaures Eisenoxydul wirken.
8. Verstärkt mag die Schwarzfärbung für das Auge bei auffallendem Licht durch das Fehlen suspendierter Partikel und die dadurch bedingte ausserordentliche Klarheit der Gewässer werden, die tiefe Wasser stets dunkel erscheinen lässt.
9. Andere Momente, wie z. B. Beimengung von schwarzem suspendiertem Schlamm, Auftreten von Diatomeen (Schwager) mögen lokal mitspielen, sind aber unwesentlich.
10. Das Fehlen von Schwarzwasserflüssen auf Kalkboden, sowie die Entfärbung derselben beim Betreten von Kalkboden führt sich auf den Ersatz der Alkalien in den humussauren Verbindungen durch Calcium und Magnesium zurück; diese humussauren Calcium- und Magnesiumverbindungen fallen als schwerlöslich aus.
11. Die weisse Farbe des Bettens der Schwarzwasserflüsse erklärt sich daraus, dass die Verbindungen der Lösungsprodukte der Silikatgesteine mit Humussäure überaus leicht löslich sind, daher in Lösung bleiben, und das kohlensäurehaltige Wasser die Silikatgesteine, resp. deren zersetzbare Mineralien, immer weiter löst; es bleibt weissliche Kieselsäure zurück.
12. Die schwarze Farbe des Bettens der Moorwasser enthaltenden Weisswasserflüsse dagegen führt sich auf die Ausfällung der schwerlöslichen humussauren Calcium- und Magnesiumverbindungen zurück.

Zum Schlusse noch zwei interessante Eigentümlichkeiten der Schwarzwasserflüsse:

Ganz eigenartige Verhältnisse liegen allem Anschein nach in **biologischer** Hinsicht bei den schwarzen Gewässern vor, und es wäre ohne Zweifel eine äusserst verdienstvolle Arbeit, die genannten Wasser auch nach dieser Seite hin gründlich und allseitig zu erforschen. Schon *Humboldt* hat beobachtet, dass sich in den schwarzen Gewässern zwischen dem 5. Grad n. Br. und dem 2. Grad s. Br. sehr wenige Krokodile und noch weniger Fische aufhalten, und dass die Moskitos, die sonst in Schwärmen von Millionen in den Tropen die Reisenden belästigen, hier in auffallend geringer Zahl sich finden. Speziell vom Atabapo erzählt

Humboldt, dass es im eigentlichen Bette dieses Flusses oberhalb von San Fernando *keine Krokodile* und *keine Seekühe* mehr gäbe und dass nur hie und da eine Boa oder einzelne Süsswasserdelphine zu treffen seien. Auch zahlreiche andere Forscher bestätigen, dass die schwarzen Flüsse ungemein arm an Lebewesen sind. «Im Tapajos sind die Fische selten,» schreibt Bates; und vom Jacuchy berichtet Avé-Lallemant, «dass das Wasser des selben arm an Lebenserscheinungen sei. Kaum einzelne Schildkröten sieht man, die auffallend schlecht untertauchen. Fast nie zeigt sich ein Fisch.» Vom Rio Negro schreibt Prinzessin Therese von Bayern: «Wie alle Schwarzwasserflüsse, beherbergt auch der Rio Negro wenig Fische und ist auch von der entsetzlichen Mückenplage befreit, welche den Aufenthalt am Amazonas zu einem so qualvollen macht.»

Diese merkwürdigen Erscheinungen bedürfen, wie schon erwähnt, noch der allseitig begründenden Erforschung. Was das Fehlen der Krokodile im Atabapo anbelangt, so scheint diese Tatsache nur auf beschränkte örtliche Verhältnisse zurückzuführen zu sein; denn die übrigen Schwarzwasserflüsse Guayanás und des Amazonentales zeigen keinen Mangel an solchen Tieren. Nach Spix und Martius lieben diese Wesen das ruhige, warme Wasser der Flüsse und Seen und werden in grossen Mengen in solchen Gewässern gefunden. Da nun der Atabapo ausnahmsweise eine tiefere Temperatur hat als sein heller Hauptstrom, der Orinoco, was seinen Grund ohne Zweifel im beständigen Laufe des Atabapo durch unermessliche Urwälder haben wird, so darf mit Recht angenommen werden, dass die Krokodile einzig und allein das Orinocowasser deshalb lieber aufsuchen, weil es 2—3 Grad wärmer ist als das Atabapowasser. Diese Erklärung dürfte ebenso auch auf den Mangel an Seekühen im Atabapo zu treffen, denn auch diese Tiere lieben nach den Aussagen der Forscher Spix und Martius die wärmeren Gewässer mehr als die kühleren. Dass ein Temperaturunterschied von 2 bis 3 Grad in den Tropenregionen von den Organismen schon sehr empfunden wird, ist von allen Reisenden, die diese Gegenden schon besucht haben, bestätigt worden und bedarf keiner näheren Erörterung. Dagegen dürfte das geringe Vorhandensein von Fischen in den Schwarzwässern besondere Beachtung verdienen. Dass diese Erscheinung in engsten Zusammenhang mit der chemischen Beschaffenheit der Gewässer gebracht werden muss,

ist fast allgemeine Anschauung der Gelehrten. Baumann schreibt z. B.: «In der Region des Gneises, Granits, Glimmerschiefers sind die Quellen und Flüsse ausserordentlich arm an gelösten Mineralsubstanzen, insbesondere sind Boden und Gewässer so arm an Kalk und Magnesia, dass die ganze Tier- und Pflanzenwelt eine eigenartige Ausbildung erfahren musste.» Und das Fehlen der Moskitos an den Ufern der schwarzen Gewässer? Ueber diese auffällige Erscheinung, die sämtliche Südamerika-Forscher bestätigen, gibt uns Martius Aufschluss. Nicht wie andere Insekten folgen die Moskitos dem Zuge der Wärme und des Lichtes, sondern sie erheben sich mit Sonnenuntergang von dem Schlamme der Ufer und den Gesträuchern in der Nähe der Gewässer, und fliegen, bald höher, bald niedriger, je nach dem Zuge der Winde, in zahllosen Schwärmen einher. Martius schreibt: «Es ist bereits von Herrn v. Humboldt bemerkt worden, dass diese Schnacken sich nicht in der Nähe solcher Flüsse aufhalten, die, im ganzen angesehen, braunes oder schwärzliches Wasser führen. Auch wir machten die Bemerkung. Wahrscheinlich sind die in dem schwarzen Wasser aufgelösten Extraktivstoffe den Eiern und Larven verderblich, während der Flussschlamm der übrigen Gewässer ihre Entwicklung und Vermehrung begünstigt.»

Die zweite eigentümliche Erscheinung der Schwarzwasserflüsse ist ihre *langsame Vermischung mit den Hellwasserflüssen*. Das Wasser des Rio Negro ist, wie schon erwähnt, noch mehrere Meilen unterhalb der Mündung des Flusses in den Amazonas sichtbar; nach Chandless' Mitteilungen kann man ferner die schwarzen Wasser des Parana-pixuna nach seiner Mündung über 5 km unvermischt mit jenen des Purus dahinströmen sehen, ja während des Novembers, in welchem Monat der Rio Branco ausnahmsweise mehr Wasser hat als der Rio Negro, kann man noch 30 km unterhalb ihrer Vereinigung die Wasser der beiden Ströme unterscheiden. Es ist klar, dass die erkennbare Farbe nur das äussere Zeichen ist, das uns sagt, wie weit das getrennte Nebeneinanderfliessen der Ströme im gemeinsamen Hauptbette dauert.

Fragen wir nach den Gründen dieses eigentümlichen Phänomens!

Die Schwarzwasserflüsse sind mit ganz geringen Ausnahmen langsam dahin fliessende Gewässer. Mündet nun so ein träger

Strom in einen raschen Weisswasserfluss, so werden die Wasser des langsam Flusses um so mehr auf die Seite gedrängt, je grösser das Gefälle und die Wasserfülle des Weisswasserstromes sind; dagegen wird sich die Vermischung desto mehr beschleunigen, je mehr ihre Stromstärke und ihre Geschwindigkeit einander gleichkommen. Nirgends können wir diese Tatsache schöner beobachten als bei der bayrischen Stadt Passau. Ilz und Inn münden hier fast einander gegenüber in die Donau. Während aber der die Ilz an Grösse zehnmal übertreffende, reissende Inn schon 200 m unterhalb der Mündung seine Fluten vollständig mit denen der Donau vermischt hat, sind die Wasser der kleinen trägen Ilz noch 800—1000 m unterhalb ihres Einflusses in die Donau erkennbar.

Die Schwarzwasserflüsse sind sehr arm an organischen Substanzen; ihre Wasser sind also spezifisch leichter als jene der oft mit Minerallösungen geschwängerten helleren Ströme. Infolgedessen bewegen sich die Wasser der dunklen Flüsse auf der Oberfläche der schwereren Wasser dahin und müssen von oben aus eine Vereinigung mit den letzteren bewerkstelligen. Dass dies viel längere Zeit in Anspruch nimmt, bedarf keines weiteren Beweises.

Endlich spielen auch die verschiedenen Temperaturen sich vereinigender Flüsse eine sehr bedeutende Rolle bei der Vermischung verschiedenfarbiger Wasser. Meine zahlreichen Beobachtungen, die ich in dieser Hinsicht an den bayrischen Flüssen machte, haben stets ergeben, dass sich das wärmere dunkle Wasser auf dem kälteren helleren Wasser ausbreitet. Interessant ist, dass auch die beiden Schomburgk eine ähnliche Beobachtung beim Essequibo und Rupununi, ferner beim Mozaruni und Cuyuni machten. Auch vom Rio Negro schreibt Martius, dass sein Wasser wärmer ist als die kühleren Fluten des Solimoës, und die Wasser des Rio Branco fand er an der Mündung mit einer Temperatur von 26 Grad C., diejenigen des Rio Negro dagegen mit einer solchen von 27 Grad C.