Ueber den Solaningealt der Kartoffeln.

Von Dr. M. Wintgen.

Die Bedeutung, welche der Kartoffel als einem der wichtigsten Nahrungsmittel bei den meisten Kulturvölkern zukommt, läßt es begreiflich erscheinen, daß frühzeitig die Aufmerksamkeit des Chemikers und des Arztes auf einen in ihr enthaltenen Bestandteil gelenkt wurde, der in größeren Mengen für den menschlichen Organismus giftige Eigenschaften besitzt, das Solanin.

Dieses im Jahre 1820 von Defosses¹⁾ in *Solanum nigrum* entdeckte Glykosid wurde wenige Jahre später von Baup²⁾ auch aus Kartoffelkeimen isoliert. In den vierziger Jahren des vorigen Jahrhunderts hat dann Wackenroder³⁾ als erster das Solanin in der Kartoffel quantitativ zu bestimmen gesucht und 5 mg aus 1 kg Kartoffeln erhalten.

Zahlreiche Untersuchungen sind dieser ersten im Laufe der folgenden Jahrzehnte gefolgt. Nach einer Zusammenstellung, die G. Meyer⁴⁾ in einer Arbeit „Ueber Vergiftungen durch Kartoffeln“ über den Solaningealt bringt, sind auf 1 kg Kartoffeln 5—680 mg Solanin gefunden worden.

Der Gehalt an Solanin ist nach diesen Werten ein außerordentlich verschiedener, doch wird man nicht fehlgehen in der Annahme, daß die Methodik der Gewinnung der leichten Zersetzlichkeit des Glykosides nicht immer völlig Rechnung getragen haben dürfte, sodaß Verluste entstanden sind, und daß andererseits das gewonnene Solanin nicht stets völlig rein gewesen ist, sodaß der Solaningealt zu hoch gefunden wurde.

Immerhin würde auch bei erheblicher Reduktion jener beobachteten Höchstwerte der Solaningealt ausreichend erscheinen, um mehrfach beobachtete Erkrankungen, die auf Kartoffelgenuß zurückgeführt werden mußten, mit ihrem Solaningealt in Verbindung bringen zu können.

Massenerkrankungen, die in den Jahren 1892 und 1893 im Elsaß unter den Mannschaften verschiedener Truppenteile auftraten und auf den Genuß von Kartoffeln zurückgeführt wurden, gaben Schmiedeberg und Meyer⁵⁾ Anlaß, eingehende Untersuchungen über den Solanin-

¹⁾ Journ. de Pharmacie Paris 1820, 4.

²⁾ Annales de chimie et de physique Paris 1826, 31.

³⁾ Archiv der Pharmazie, 33.

⁴⁾ Archiv f. experim. Pathol. u. Pharmakol., 36.

⁵⁾ Militärärztl. Zeitschrift 1904.

gehalt in Kartoffeln anzustellen. Meyer arbeitete mehrere quantitative Gewinnungsmethoden für Solanin aus und untersuchte hiernach:

1. gesunde Kartoffeln nach verschieden langer Lagerzeit;
2. kranke und gefaulte Kartoffeln.

Erhebliche Unterschiede im Solaniningehalt wurden hierbei von neuem beobachtet.

In anscheinend gesunden, ungeschälten und rohen Kartoffeln wurden 42 bis 206 mg¹⁾ Solanin, in noch nicht völlig ausgereiften Frühkartoffeln 236 mg gefunden. Während der Keimung, in den Monaten März bis Juli, wurde eine kleine Zunahme an Solanin von 90 auf 112 mg trotz Entfernung der Keime beobachtet, doch geht aus der Arbeit nicht mit Sicherheit hervor, daß immer von derselben Lieferung Kartoffeln zur Verfügung standen.

In geschälten Kartoffeln wurde durchschnittlich nur halb so viel Solanin als in ungeschälten gefunden.

Kranke Kartoffeln schließlich enthielten, wenn sie ganz faulig waren, kein Solanin mehr, und in fleckigen, teils holzig harten, teils weichen, sowie eingeschrumpften Kartoffeln, schwankte der Gehalt innerhalb der auch bei gesunden Proben gefundenen Werte. Nur in zwei Proben wurde der außerordentlich hohe Gehalt von 520, ja sogar von 1340 mg Solanin festgestellt. Beide Proben waren anormal. Erstere bestand aus Keimknollen, das sind kleine Knollen, die sich beim Lagern aus ausgetriebenen, alten Kartoffeln am Ende der Keime im Frühjahr zu bilden vermögen, letztere bestand aus vorjährigen, 14—16 Monate alten Kartoffeln, welche stark eingeschrumpft waren, und in schwarzen unter der Schale liegenden Stellen Pilzwucherungen aufwiesen. Die Befunde gaben zu der Vermutung Anlaß, daß der hohe Solaniningehalt auf bakterielle Ursachen zurückzuführen sei. Versuche, auf gesunde Kartoffeln das infizierte Gewebe überzuimpfen, gelangen nur unvollständig. Immerhin ließ sich nach einigen Monaten bei einem solchen Versuch eine Zunahme von Solanin nachweisen.

Die Vermutung, daß durch Bakterien oder durch Pilze eine Erhöhung des Solaniningehaltes verursacht werde, erhielt anscheinend eine weitere Bestätigung durch mehrere Veröffentlichungen von Schnell²⁾. Dieser hatte 1898 in geschälten, rohen Kartoffeln, deren Genuß Erkrankungen verursacht hatte, 380 mg Solanin und nach ihrer Abkochung noch 240 mg Solanin gefunden. Sodann ermittelte er durch eine Reihe weiterer Untersuchungen von Kartoffeln, welche Fleckbildung unter der Schale zeigten, daß diese kranken Gewebsteile

¹⁾ Die angegebenen Werte beziehen sich stets auf 1 kg Kartoffeln.

²⁾ Apotheker-Zeitung 1898, 13, 775 und 1900, 15, 133.

im Durchschnitt 33% mehr Solanin enthielten, als die weißen, anscheinend noch gesunden Teile der gleichen Knollen. Die betreffenden Werte waren allerdings viel kleiner, als die erst gefundenen; sie betrugen in 6 Bestimmungen 32–96 mg in den verfärbten, und 28–64 mg in den weiß erscheinenden Stellen. Schnell folgerte aus seinen Befunden, daß die Fleckbildung mit dem erhöhten Solaniningehalt in ursächlichem Zusammenhang stehe, ließ es jedoch unentschieden, ob Bakterien oder Pilze die Solaninbildner seien.

Eine Entscheidung in dieser Frage glaubte bald darauf Weil¹⁾ bringen zu können, der auf Veranlassung von Schnell sich mit dem Studium der die Fleckbildung verursachenden Erreger beschäftigt hat. Aus seiner Veröffentlichung geht hervor, daß er 13, anscheinend bisher nicht bekannte Bakterien aus kranken Gewebsteilen der Kartoffeln isolieren konnte, von denen 2 Solanin bilden sollten. Er bezeichnete sie als *Bacterium solaniferum non colorabile* und *Bacterium solaniferum colorabile*. Weil kommt auf Grund seiner Untersuchungsergebnisse zu dem Schluß, daß das Vorkommen von Solanin in Kartoffeln lediglich durch Bakterieneinwirkung hervorgerufen werde.

Im Auftrage der Medizinalabteilung des Kriegsministeriums hat sich bald darauf auch das Laboratorium der Kaiser Wilhelms-Akademie mit der Untersuchung von Kartoffeln auf ihren Solaniningehalt beschäftigt, und ist hierbei auch eine Nachprüfung der Arbeiten letztgenannter Autoren erfolgt.

Die Gesichtspunkte für die Arbeit waren folgende:

1. Ist in guten, anscheinend gesunden Kartoffeln der Solaniningehalt bei den einzelnen Sorten gleichmäßig, und nimmt er beim Lagern, zumal zur Keimzeit, zu?
2. Welchen Einfluß üben Krankheiten auf den Solaniningehalt der Kartoffeln aus?
3. Wird durch die von Weil als Solaninbildner bezeichneten Bakterien Solanin wirklich gebildet?

Bevor mit diesen Untersuchungen begonnen wurde, erschien es vorerst nötig, festzustellen, ob die zur Isolierung des Solanins in Aussicht genommenen Methoden seine quantitative Gewinnung gewährleisten, und ob ferner die Prüfungsmethoden zu sicheren Schlüssen auf die Reinheit des Solanins berechtigen.

In kurzen Zügen möchte ich die beiden Verfahren, die zur Gewinnung des Solanins angewandt wurden, und von denen das nächstbeschriebene von Meyer²⁾ veröffentlicht und empfohlen worden ist, angeben.

¹⁾ Archiv f. Hygiene 1900, **38**, 330.

²⁾ Militärärztl. Zeitschrift 1904.

Die zerriebenen Kartoffeln werden abgepreßt, der Preßsaft fast zur Trockene eingedampft, nachdem seine saure Reaktion zuvor durch Ammoniak abgestumpft worden ist, und ebenso wie der Preßrückstand wiederholt mit heißem Alkohol extrahiert. Die vereinigten alkoholischen Auszüge werden nach dem Eindampfen mit schwefelsäurehaltigem Wasser aufgenommen und hieraus durch Uebersättigen mit Ammoniak das Solanin gefällt. Das abfiltrierte, gut ausgewaschene Solanin wird von neuem in Alkohol gelöst, filtriert und in einem Schälchen nach dem Verdunsten des Alkohols bei mäßiger Wärme zur Wägung gebracht.

Nach der zweiten Methode wurden die Kartoffeln ebenfalls zerrieben und abgepreßt, nur wurde der Preßrückstand mit kaltem Alkohol der mit $\frac{1}{2}\%$ Eisessig angesäuert war, im Perkulator bis zur Erschöpfung extrahiert. Das Perkolat wurde nach dem Neutralisieren mit Ammoniak mit dem alkoholischen Auszuge des eingedickten Preßsaftes vereinigt, der Alkohol abgedampft und der Rückstand nach Methode I weiter verarbeitet.

Die Genauigkeit beider Methoden wurde in der Weise nachgeprüft, daß zwei Kartoffelproben von je 500 g nebeneinander verarbeitet, und der einen 0,05 g Solanin zugesetzt wurden, das bei 100° getrocknet war. Die Differenz zwischen dem gefundenen Solaningealt beider Proben betrug 51 mg. Ein gleich gutes Ergebnis wurde nach der Methode II erzielt, wo nur 20 mg Solanin der einen Kartoffelprobe beim Verarbeiten zugesetzt wurden. Auch hier betrug die Differenz beider Bestimmungen 21 mg Solanin.

Die Versuche, die Reinheit des Solanins nicht lediglich durch Farbreaktionen, sowie auf Grund seiner äußeren Beschaffenheit festzustellen, sondern auch auf andere Weise Kriterien für die Reinheit zu gewinnen, haben zu keinem Ergebnis geführt. Er gelang mir und meinen Mitarbeitern weder durch Lösen des Solanins in Säure von bekanntem Gehalt und Feststellung des Säureverbrauchs durch Rücktitration, unter Verwendung der verschiedensten Indikatoren, eine brauchbare Bestimmungsmethode zu erhalten, noch lieferten andere Versuche, durch die eine quantitative Ueberführung des Solanins in Solanidin angestrebt wurde, ein brauchbares Ergebnis. Schließlich will ich hervorheben, daß auch die Bestimmung des Schmelzpunktes als sicheres Kriterium für die Reinheit des Solanins nicht herangezogen werden konnte, da die Angaben hierüber keineswegs übereinstimmen und nach unseren Versuchen eine Zersetzung, ohne daß ein scharfer Schmelzpunkt beobachtet wurde, erfolgte.

Es mußte daher genügen, das Solanin möglichst farblos zu gewinnen und seine Identität durch eine Reihe von Farbreaktionen nachzuweisen. Hierzu wurde Selen-, Tellur- und Aethyl-Schwefelsäure benutzt.

Das Solanin wurde teils in krystallinischer, teils in amorpher Form zur Wägung gebracht. War dasselbe etwas gefärbt, so wurde es durch Lösen in schwefelsäurehaltigem Wasser, Ausfällen mit Ammoniak und Aufnahme des abfiltrierten Solanins in Alkohol gereinigt. Namentlich aus kranken Kartoffeln gelang es nicht, in allen Fällen sofort das Solanin weiß zu erhalten. Bei diesen war das erst erhaltene Solanin in der Regel durch organische Zersetzungsprodukte verunreinigt und braun gefärbt und gab die Identitätsreaktionen nur unscharf. In schwefelsäurehaltigem Wasser löste es sich nur unvollkommen unter Zurücklassen eines harzigen Rückstandes, in dem Solanidin nicht nachweisbar war. Erst nach ein- bis mehrmaliger Reinigung in der oben geschilderten Weise wurde es gelblichweiß bis weiß erhalten.

I. Solaniningehalt in gesunden Kartoffeln.

Untersucht wurden Kartoffeln 1898er und 1899er Ernte. Neben zwei in Berlin gehandelten Marken „Edelsteiner“ und „Rote Dabersche“, von denen für die fortlaufenden Untersuchungen größere Mengen gekauft wurden, verdankte das Laboratorium weitere Proben teils guter, teils kranker Kartoffeln Herrn Prof. v. Eckenbrecher, dem Leiter der Deutschen Kartoffelkulturstation in Berlin, dem ich auch an dieser Stelle meinen Dank für seine Unterstützung aussprechen möchte.

In der Regel wurden $\frac{1}{2}$ —1 kg Kartoffeln für die einzelnen Untersuchungen verwendet und kamen, von einem Versuch abgesehen, nur rohe Kartoffeln zur Prüfung. Hatten die Kartoffeln bereits Keime getrieben, so wurden diese vor der Verarbeitung sorgfältig entfernt. Nur in einzelnen Fällen wurden Bestimmungen in geschälten Kartoffeln ausgeführt, dann aber stets der Gehalt der Schalen an Solanin mitbestimmt; denn der Solaniningehalt geschälter Kartoffeln ist nicht vergleichbar, da die äußeren Schichten solaninreicher sind, ein gleichmäßiges Schälen aber infolge der verschiedenen Gestalt und dem je nach der Länge der Lagerzeit mehr oder weniger weit fortgeschrittenen Schrumpfungszustande nicht durchführbar ist.

In Tabelle I sind die in guten Kartoffeln gefundenen Solaninmengen zusammengestellt.

„Edelsteiner“ und „Rote Dabersche“ hatten demnach bereits im Oktober, also kurz nach der Ernte, den relativ hohen Gehalt von 83 bzw. 86 mg Solanin. Eine Zunahme des Solaniningehaltes während der neun und elf Monate langen Lagerung wurde trotz starken Auskeimens nicht beobachtet. Er betrug bei „Edelsteiner“ im August 1899 73 mg gegenüber 83 mg im Oktober 1898; bei „Rote Dabersche“ 89 mg im Juni 1899, dagegen 86 mg im Jahre vorher.

Tabelle I.
Kartoffeln 1898er Ernte.

Versuch No.	Bezeichnung der Kartoffelsorte	Zeit der Unter- suchung	Gewicht der untersuchten Kartoffeln	Außere Beschaffenheit der Kartoffeln	Solanin- gehalt, berechnet auf 1 kg g
1	Weißer Edelsteiner	Oktober 98	500	gesund, Schnittfläche normal	0,0832
2	" "	"	500	desgl.	0,0888
3	" "	Novbr. 98	500	desgl.	0,0892
4	" "	"	500	desgl.	0,0880
5	" "	Anfang März 99	500	etwas geschrumpft und zu keimen anfangend	0,0724
6	" "	Ende März 99	500	desgl.	0,0688
7	" "	April 99	500	stark geschrumpft und viele Keime zeigend	0,0720
8	" "	Juli 99	500	sehr stark geschrumpft mit sehr viel Keimen	0,0730
9	" "	August 98	500	desgl.	0,0733
10	Rote Dabersche	Oktober 98	500	gesund, Schnittfläche normal	0,0860
11	" "	April 99	500	geschrumpft, viele Keime zeigend	0,0940
12	" "	Juni 99	500	desgl.	0,0890
13	Richter's Imperator	April 99	1000	gesund, nur winzige Keime zeigend	0,0228
14	Prof. Oehmicher	Anf. Mai 99	1000	ohne Keime	0,0444
15	Richter's Edel- steiner	Mitte Mai 99	1000	wenige kleine Keime	0,0180
16	Ruhm von Haiger	Ende Mai 99	1000	schwach gekeimt	0,0172

Kartoffeln 1899er Ernte.

17	Malta-Kartoffeln	Juni 99	500	normal	0,0260
18	Frühkartoffeln (weiße Nieren)	Juli 99	500	desgl.	0,0260
19	Prof. Orth	Novbr. 99	1000	desgl.	0,1059
20	Weißer Riesen	"	500	desgl.	0,0406
21	Domäne Dalem	Januar 00	750	stark geschrumpft, schwach gekeimt	0,0620
22	Edelsteiner	Februar 00	500	schwach gekeimt	0,0600
23	"	Anfang März 00	500	gekeimt, sonst normal	0,0550
24	Rote Dabersche	Oktober 99	1000	normal	0,0935
25	" "	Dezbr. 99	500	desgl.	0,0924
26	" "	Januar 00	500	desgl.	0,0800
27	" "	Februar 00	500	hatten gekeimt	0,0660
28	" "	März 00	500	desgl.	0,0900

Beträchtlich weniger Solanin wurde in vier anderen Kartoffelsorten gefunden, die im April 1899 aus frisch geöffneten Mieten entnommen waren. Diese Kartoffeln sahen sehr frisch aus, zeigten keine oder nur sehr geringe Keimbildung und enthielten 17—44 mg Solanin.

Aehnlicher Art waren die Untersuchungsergebnisse von Kartoffeln der nächstfolgenden Ernte, wo Malta-Kartoffeln, eine Sorte Frühkartoffeln und fünf Sorten Spätkartoffeln, darunter wiederum „Edelsteiner“ und „Rote Dabersche“, auf ihren Solaniningehalt geprüft wurden. In den Malta- und Frühkartoffeln wurde 25 und 26 mg Solanin gefunden, während als Maximalgehalt in der Spätkartoffel „Prof. Orth“ 107 mg ermittelt wurden. Weiterhin ergaben Lagerungsversuche, die mit der Marke „Rote Dabersche“ von Oktober 1899 bis März 1900 angestellt wurden, keine Zunahme von Solanin, obwohl Keimung der Kartoffeln in den letzten Monaten eingetreten war. Die Befunde waren 93 mg im Oktober und 90 mg im darauffolgenden März.

Also auch hier wiederum große Schwankungen im Solaniningehalt zwischen den einzelnen Sorten und keine Beobachtung einer Zunahme des Solanins beim Lagern.

II. Solaniningehalt in kranken Kartoffeln.

Es hatte ursprünglich der Plan bestanden, mit Unterstützung des inzwischen verstorbenen Herrn Geh. Reg.-Rates Prof. Frank die Krankheitsform der betreffenden Kartoffeln festzustellen und möglichst nur Sorten mit einheitlichen Krankheitserscheinungen auf ihren Solaniningehalt zu prüfen. Ferner sollten neben diesen kranken Kartoffeln auch gesunde, welche von demselben Felde stammten, mituntersucht werden.

Auch hierfür hatte sich unser Laboratorium der Unterstützung der Kartoffelkulturstation zu erfreuen. Diese sandte im Frühjahr 1899 aus frisch geöffneten Mieten von vier verschiedenen Kartoffelsorten gesunde und kranke Proben ein; ebenso erhielten wir im Herbst desselben Jahres mehrere frisch geerntete Proben von mehreren anderen Sorten zugeschickt.

Eine einheitliche, auf den gleichen Erreger zurückzuführende Krankheit lag aber, wie von Frank festgestellt wurde, weder bei den eingemietet gewesenen, noch bei den frisch geernteten Kartoffeln vor. Die Krankheitserscheinungen wiesen vielmehr auf Mischinfektion hin und waren zum Teil ziemlich weit fortgeschritten. Graue Flecken unter der Schale, wie sie mit der Vermehrung des Solaniningehaltes in ursächlichem Zusammenhang gebracht werden, wurden hin und wieder bemerkt, doch ließen sich Pilzwucherungen, wie sie Schnell beobachtete, nicht darin feststellen.

Bakteriologische Untersuchungen, die anfangs mit infizierten Gewebsteilen angestellt wurden, ergaben weiterhin auf Kartoffelgelatine ein so reiches Wachstum der verschiedensten Bakterienarten, daß es nicht möglich erschien, sie alle zu isolieren und auf die Fähigkeit, Solanin zu bilden, zu prüfen. Die Kartoffeln wurden daher nur chemisch auf ihren Solaningealt untersucht. Wie aus Tabelle II hervorgeht, wurde bei den eingemietet gewesenen kranken Kartoffeln der 1898er Ernte nur in einem Falle ein um 7 mg höherer Solaningealt als in gesunden Kartoffeln gefunden, bei den anderen Proben dagegen eine Abnahme des Solaningealtes gegenüber gesunden Kartoffeln beobachtet.

Tabelle II.
Kartoffeln 1898er Ernte.

No.	Bezeichnung der Kartoffel	Zeit der Untersuchung	Beschaffenheit der kranken Kartoffeln	Solaningealt berechnet auf 1 kg	
				krank	gesund
1	Richter's Imperator	April 99	die kranken Teile sind teilweise zusammengeschrumpft, das Parenchym braun und teilweise erweicht	0,0220	0,0228
2	Prof. Oehmicher	Anfang Mai 99	sehr stark gefault und zusammengeschrumpft, weißes Pilzmycel unter der Schale	0,0204	0,0444
3	Richter's Edelsteiner	Mitte Mai 99	Kartoffeln zeigen viele schwarze Stellen. Letztere sind weich, faul und nicht tief ins Innere eindringend	0,0250	0,0180
4	Ruhm von Haiger	Ende Mai 99	braunschwarz, schmierig und stark zusammengeschrumpft; fast völlig verdorben	0,0120	0,0172

Kartoffeln 1899er Ernte.

5	Lübbenauer Weiße	Septbr. 99	wenige graue Flecke unter der Schale zeigend	0,0636	—
6	Weiße Riesen	Oktober 99	wurden als naßfaul bezeichnet	0,0634	0,0406
7	Rote Dabersche	Dezemb. 99	trockenfaul, in den äußeren Schichten krank	0,0660	0,0800
8	" "	Januar 00	wie im Dezember	0,0873	
9	Weiße Kartoffeln	Januar 00	teilweise angefault, zeigten Pilzwucherungen unter der Schale	0,1025	0,0620

Von Kartoffeln der 1899er Ernte waren infolge des trockenen Sommers nur wenig kranke Proben erhalten worden. Bei diesen

Untersuchungen wurde der Solaniningehalt teils in den gesunden, teils in den kranken Kartoffeln höher gefunden. Irgendwelche sichere Schlüsse auf einen Zusammenhang zwischen Krankheit und Solaniningehalt lassen sich hieraus jedoch nicht ziehen, da seitens der Kartoffelkulturstation mitgeteilt wurde, es sei infolge des seltenen Vorkommens kranker Kartoffeln in dem betreffenden Sommer zweifelhaft, ob die gelieferten Kartoffeln einer Sorte immer von den gleichen Feldern herrührten. Ein Einfluß des Bodens aber erscheint nicht ausgeschlossen.

Um so wertvoller für die Beurteilung mußte daher die Untersuchung von Kartoffeln erscheinen, welche im Sommer 1900 aus dem Elsaß übersendet wurden und nach einer Mitteilung Schnell's jene grauen Flecke besaßen, die einen höheren Solaniningehalt bedingen sollen. Die Kartoffeln stammten von der 1899er Ernte und waren teilweise bereits angefault. Sie wurden geschält und die weichfaulen Stellen sorgfältig ausgeschnitten. Graufleckige Stellen in noch harten Gewebsteilen wurden nur in einem Teil der Kartoffeln vorgefunden. Sie saßen dicht unter der Schale und drangen in der Regel wenig tief in das Innere ein. Von diesen Kartoffeln wurden die Schalen, die weichfaulen Teile, die fleckigen Stellen und die gesund erscheinenden Stellen gewogen und für sich auf Solanin untersucht.

Die Ergebnisse gibt Tabelle III wieder. In den fauligen Stellen waren nur Spuren von Solanin nachweisbar. Die graufleckigen Stellen enthielten, auf 1 kg berechnet, 18 mg Solanin, die gesunden Teile 12 mg, während die Hauptmenge in den Schalen saß.

Tabelle III.

Aus	Gewichtsmenge der verarbeiteten Substanz	Gefunden Solanin	Solanin, berechnet auf 1 kg Substanz	Aussehen des Solanins
faulen Stellen	184 g	Spuren	—	—
gesunden weißen Teilen .	1924 "	0,0230	0,0119	weiß krystallinisch
grauen Flecken	385 "	0,0070	0,0182	weiß amorph
Schalen	398 "	0,0535	0,1344	teilweise krystallinisch
der vollständigen Kartoffel	2891 "	0,0835	0,0289	—

Wenn somit zwar die Angaben Schnell's, daß die graufleckigen Stellen mehr Solanin als die gesunden Teile der Kartoffel enthielten, ihre Bestätigung fanden, so kann doch der hieraus gezogenen Folgerung, der höhere Solaniningehalt sei auf Solaninbildner zurückzuführen, nicht zugestimmt werden. Ich glaube ihn viel ungezwungener auf die ungleiche Verteilung des Solanins in der Kartoffel zurück-

führen zu sollen. Nach Angaben der Literatur soll etwa die Hälfte des Solanins in den Schalen sitzen. Bei diesen Kartoffeln betrug der Solaningealt der Schalen sogar 64% des Gesamtgehaltes. In zwei anderen Kartoffelproben entfielen rund 60 und 75% des Solanins auf die Schalen. Aber auch nach deren Entfernung ist der Solaningealt kein gleichmäßig verteilter. Geschälte Kartoffeln, die zum zweiten Male geschält wurden, enthielten in dieser zweiten Schale wiederum mehr Solanin als im Kern.

Es ist somit erwiesen, daß das Solanin vornehmlich in den peripheren Schichten sitzt und nach innen zu abnimmt.

III. Versuche, Solaninbildung auf künstlichem Nährboden durch Bakterien zu erzeugen.

Wie ich bereits vorher erwähnte, hatte Schnell's Annahme, daß durch bakterielle Einwirkung eine Steigerung des Solaningealtes der Kartoffeln eintrete, durch die Arbeiten Weil's anscheinend eine Bestätigung erfahren. Weil hatte zwar nicht auf der lebenden Kartoffel, wohl aber auf steriler Kartoffelbrühe durch Impfung mit zwei von ihm aus kranken Kartoffeln isolierten Bakterien, die er *Bacterium solaniferum non colorabile* und *Bacterium solaniferum colorabile* genannt hatte, Solaninbildung beobachtet.

Ich gebe seine Versuchsmethodik kurz an: Kartoffeln wurden zerrieben, mit Wasser zu einem dünnen Brei angerührt, abgepreßt und mit soviel Wasser nachgewaschen, daß aus 500 g Kartoffeln 1 l Brühe erhalten wurde. Nach dem Absitzen der Stärke wurde die koliierte Flüssigkeit in Literkolben abgespült und eine Stunde lang bei 120° sterilisiert; hiernach soll stets eine klare Brühe erhalten worden sein. Die Kolben wurden sodann mit den Bakterienkulturen teilweise geimpft und ihr Inhalt von Zeit zu Zeit nach Eindampfen der Flüssigkeit nach der Methode von Meyer auf Solanin untersucht. Ungeimpft gebliebene Kolben dienten als Kontrollproben. Weil hatte nach dieser Methode in je 6 l Brühe, die 3 kg Kartoffeln entsprachen, und mit dem erstgenannten Bakterium (I) geimpft waren, 41 mg, in den mit Bakterium II geimpften 73 mg Solanin gefunden; kein Solanin dagegen in den ungeimpft gebliebenen Kontrollproben.

Diese Bakterienkulturen ließen wir uns kommen, und haben mit dem als dem stärkeren Solaninbildner bezeichneten *Bacterium solaniferum colorabile* in einer Reihe von Versuchen die Prüfung auf Solaninbildung wiederholt.

Im Gegensatz zu obigen Befunden wurde in der ungeimpften Brühe stets Solanin gefunden und ein Unterschied im Solaningealt zwischen den geimpften und ungeimpft gebliebenen Nährböden nicht

festgestellt. Wohl wurde zuweilen, wie aus der Zusammenstellung in Tabelle IV hervorgeht, in derselben Versuchsreihe ein kleiner, bis mehrere Milligramm betragender Unterschied im Solaniningehalt zwischen den einzelnen Nährböden beobachtet, aber es fehlte jede Gesetzmäßigkeit. Bald war in dem geimpften, bald in dem ungeimpften Kolben der Solaniningehalt etwas höher und dürften diese Unterschiede als kleine Versuchsfehler anzusprechen sein.

Ungleich größer war die Verschiedenheit im Solaniningehalt zwischen den einzelnen Versuchsreihen, da im Laufe der sich mehrere Monate hinziehenden Untersuchungen jedesmal frisch gekaufte Kartoffeln verwendet wurden.

Eine Erklärung für die Ergebnisse der Weil'schen Arbeit vermag ich nicht sicher zu geben. Weil scheint bei der Art seiner Versuchsausführung von der Annahme ausgegangen zu sein, daß Solanin in dem Preßsaft der Kartoffeln nicht vorhanden und in unlöslicher Form in der Kartoffel enthalten ist. Dies ist jedoch unrichtig. Solanin ist auch als reines Glykosid in Wasser nicht völlig unlöslich, in der Kartoffel aber liegt es überhaupt nicht frei, sondern an eine organische Säure gebunden vor, ist also infolgedessen noch löslicher. Berücksichtigt man dann weiter, daß der Preßsaft schwach saure Reaktion besitzt, so ist von vornherein anzunehmen, daß Solanin darin enthalten sein wird. Allerdings ist es nicht ausgeschlossen, daß beim Eindampfen des Preßsaftes, sofern die saure Reaktion nicht mit Ammoniak abgestumpft wird, Zersetzungen des Solanins eintreten und in Alkohol fast unlösliches Solanidin gebildet wird. Diesen Zusatz von Ammoniak scheint Weil unterlassen zu haben, wenigstens berichtet er in seiner Arbeit hierüber nichts. Aber auch hiermit würde nur ein Teil der Weil'schen Ergebnisse seine Erklärung finden.

Auf Grund unserer Untersuchungsergebnisse kann eine Solaninbildung durch das *Bacterium solaniferum colorabile* als wahrscheinlich oder gar erwiesen nicht mehr angesehen werden.

Damit fällt aber auch die weitere Folgerung, welche Weil aus seinen Versuchsergebnissen glaubte ziehen zu sollen, nämlich, daß das Vorkommen von Solanin lediglich auf bakterielle Ursachen zurückzuführen sei. Diese Annahme mußte schon mit Rücksicht darauf, daß Solanin in einer ganzen Reihe von Vertretern einer bestimmten Pflanzenfamilie regelmäßig vorkommt, daß es bei diesen in den verschiedensten Teilen, insbesondere in den Samen und Früchten, auftritt, daß es ferner bei der Kartoffel gerade in der Keimzeit als intermediäres Produkt in jungen Keimen selbst in großen Mengen vorkommt, der Gehalt hieran bei weiterem Wachstum aber wieder zurückgeht, als mindestens gewagt erscheinen.

Tabelle IV.
Solanin in geimpfter und ungeimpfter Kartoffelbrühe.

No. des Versuchs	Zeit der Versuchsausführung 1901	Geimpft oder ungeimpft?	Gehalt an Solanin auf 1 Liter Brühe (500 g Kartoffeln)				Äußere Beschaffenheit des Solanins, welches gefunden wurde			
			0 Tage	10 Tage	14 Tage	24 (28) Tg.	0 Tage	10 Tage	14 Tage	24 (28) Tage
			nach der Darstellung				nach der Darstellung der Brühe			
			A	B	C	D	A	B	C	D
I.	15. 5. bis 12. 6.	ungeimpft	0,0085	0,0130	0,0115	0,0095	gelblichweiß, amorph	gelblichweiß, amorph	weiß, krystallinisch	gelblichweiß, amorph
		geimpft	—	0,0100	a) 0,0100 b) 0,0095	a) 0,0140 b) 0,0100	—	desgl.	gelblichweiß, amorph	ziemlich weiß, amorph
II.	7. 7. bis 21. 7.	ungeimpft	0,0280	—	0,0285	—	gelblich, krystallinisch	—	weiß, krystallinisch	—
		geimpft	—	a) 0,0275 b) 0,0295	a) 0,0310 b) 0,0305	—	—	weiß, krystallinisch	desgl.	—
III.	24. 7. bis 21. 8.	ungeimpft	a) 0,0135 b) 0,0150	a) 0,0100 b) 0,0115	a) 0,0100 b) 0,0090	a) 0,0100 b) 0,0145	weiß, zum Teil krystallinisch	ziemlich weiß, krystallinisch	gelb, amorph	a) gelb, amorph b) krystallin.
		geimpft	—	a) 0,0115 b) 0,0135	a) 0,0120 b) 0,0110	a) 0,0120 b) 0,0135	—	gelblich, z. Teil krystallinisch	desgl.	amorph, weiß
IV.	3. 11. bis 17. 11.	ungeimpft	0,0255	0,0240	0,0295	—	—	—	—	—
		geimpft	—	0,0225	0,0170	—	—	—	—	—

Weiter würde es auch befremden, warum so relativ selten Solaninvergiftungen durch Genuß von Kartoffeln beobachtet werden, da ja alle Kartoffeln Solanin enthalten, mithin nach Weil durch die spezifischen Erreger infiziert wären.

Ich bin mit meinen Ausführungen zu Ende und möchte die Ergebnisse der Arbeit in folgenden Sätzen zusammenfassen:

1. Der Solaniningehalt der Kartoffeln ist bei den einzelnen Sorten durchaus verschieden, im allgemeinen aber beträchtlich kleiner als nach den Durchschnittszahlen in der Literatur zu erwarten wäre.

2. Eine Zunahme des Solanins bei längerem Lagern wurde auch in gekeimten Kartoffeln, wenn die Keime sorgfältig entfernt wurden, nicht beobachtet.

3. Ein durch Erkrankung bedingter höherer Solaniningehalt gegenüber gesunden Kartoffeln hat sich nicht sicher feststellen lassen.

4. Solaninbildung durch Bakterien auf Kartoffelnährböden nach dem Verfahren von Weil ist nicht bestätigt worden.

Bezüglich der Frage über das Vorliegen einer Solaninvergiftung möchte ich zum Schluß darauf hinweisen, daß die Wahrscheinlichkeit von Solaninvergiftungen, wie sie in früherer Zeit mehrfach beobachtet wurden, durch die Ergebnisse dieser Arbeit in keiner Weise gestützt werden. Die gefundenen Solaninmengen waren in keinem einzigen Falle auch nur annähernd so groß, daß sie akute Krankheitserscheinungen, selbst beim Genuß von 1 kg Kartoffeln, hervorzurufen vermocht hätten. Dagegen sei erwähnt, daß Massenerkrankungen, die sicher auf den Genuß von Kartoffeln zurückzuführen waren, in letzter Zeit mehrfach nicht mit dem sehr gering gefundenen Solaniningehalt in Zusammenhang gebracht werden konnten. Neuerdings hat Dieudonné bei einer Massenerkrankung im Jahre 1904 als Ursache der Vergiftungserscheinungen, welche durch Kartoffelsalat verursacht waren, *Bacterium Proteus*, bezw. seine Stoffwechselprodukte festgestellt und im Anschluß hieran die Vermutung ausgesprochen, daß auch manche früher beobachtete Massenerkrankungen nicht immer eine Solaninvergiftung gewesen ist.