

Artturi Ilmari Virtanen

15. 1. 1895 – 11. 11. 1973

Der finnische Biochemiker Artturi Ilmari Virtanen wurde am 15. Januar 1895 in Helsinki als Sohn eines Lokomotivführers geboren, besuchte das humanistische Gymnasium in Viborg und studierte Chemie, Physik und Biologie an der Universität Helsinki. 1919 schloß er seine Studien unter der Anleitung des Professors der organischen Chemie O. Aschan mit einer Dissertation auf dem Naturstoffgebiet durch die Promotion zum Doctor philosophiae ab. Unmittelbar anschließend trat er als wissenschaftlicher Mitarbeiter in das Laboratorium des Zentralverbandes der Finnischen Molkereigenossenschaften Valio ein. Hier wurde Virtanen zum Biochemiker, hier fand er den Weg zu seiner wissenschaftlichen Lebensarbeit, die immer durch eine enge Verknüpfung von Grundlagenforschung und deren praktischer Anwendung ausgezeichnet war. Um sein Wissen auf Grenzgebieten zu erweitern, arbeitete Virtanen 1920 bei G. Wiegner an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich über Probleme der Kolloidchemie, erlernte anschließend bei A. Böhmers in Münster die Methoden der Lipidforschung und studierte Bakteriologie bei C. Barthel in Stockholm.

Schon 1921 wurde Virtanen Leiter des Laboratoriums des Zentralverbandes der Finnischen Molkereigenossenschaften Valio, konnte aber 1923/24 noch als Schüler Hans von Eulers an Stockholms Höögskola die biochemischen Methoden der Enzymforschung erlernen. Diese Studienaufenthalte im Ausland – in der Schweiz, in Deutschland und in Schweden – waren von entscheidender Bedeutung für Virtanens künftigen Weg als Forscher; sie vermittelten ihm eine breite Grundlage an Wissen und experimentellen Fertigkeiten.

1924 wird Artturi Virtanen Dozent für Chemie an der Universität Helsinki, folgt 1931 einem Ruf als Professor für Biochemie an die Finnische Technische Hochschule, Helsinki, und übernimmt 1939 das Ordinariat für Biochemie an seiner alten Universität am gleichen Ort. Die experimentelle Arbeit wird bis zum

Jahre 1931 noch im Laboratorium von Valio durchgeführt; sie wendet sich immer stärker allgemeineren biochemischen Problemen zu und lockt durch ihre Thematik viele junge Studenten als Mitarbeiter an, die kaum noch Raum in dem kleinen Laboratorium finden. Doch jetzt wird die Bedeutung des hier sich entwickelnden neuen Forschungszweiges für Finnland offenbar; staatliche und privatwirtschaftliche Initiativen führen 1929 zur Gründung einer „Stiftung für die chemische Forschung“, deren erste Aktivität in der Förderung der Biochemie durch den Bau eines „Biochemischen Forschungsinstitutes“ in Helsinki liegt, in das die von Virtanen geführte Arbeitsgruppe 1931 einzieht. Aus diesem Institut, das mit Virtanens Namen für immer verknüpft sein wird, gehen alle seine weiteren Arbeiten hervor, aus ihm verbreitet sich sein Ruhm in der Welt. Über 1400 Originalpublikationen von Virtanen und seinen Schülern erscheinen bis zu seinem Tode.

Aus der großen Fülle der bearbeiteten Probleme und der erzielten neuen Erkenntnisse seien einige besonders charakteristische und bedeutungsvolle herausgegriffen. In den frühen zwanziger Jahren nahm Virtanen teil an der Aufklärung von Gärungsmechanismen. Unter Gärung versteht man den Abbau organischer Stoffe in Abwesenheit von Sauerstoff durch Mikroorganismen unter Gewinnung von Energie. Je nach dem Endprodukt der Gärung unterscheidet man verschiedene Gärungstypen; Virtanen hat sich besonders mit dem biochemischen Ablauf der Milchsäure- und der Propionsäure-Gärung beschäftigt und die Mitwirkung von Phosphorsäure sowie die Unentbehrlichkeit des Cozymase genannten Enzymbestandteiles bei diesen Gärungsabläufen festgestellt. Es war die Zeit, da in vielen europäischen Laboratorien das Wesen und der Ablauf von Gärungsvorgängen studiert wurde. Virtanens Forschungen fügten sich ein in die epochalen Erkenntnisse, die man vor allem Otto Meyerhof in Kiel, Dahlem und Heidelberg, Carl Neuberg in Dahlem, Hans v. Euler in Stockholm verdankte. Man entdeckte, daß alle Gärungen über eine große Zahl von Reaktionsstufen ablaufen und daß – ganz unabhängig vom Endprodukt der einzelnen Gärungstypen – die ersten Schritte dieser Reaktionsabläufe und die Grundvorgänge der Energiegewinnung identisch sind. Auch die Ver-

gärung von Dioxyaceton zu Glycerin und Glycerinsäure in Anwesenheit von Phosphaten durch Coli-Bakterien, die erste Zuckervergärung, die 1929 von Anfang bis Ende in allen ihren Stufen durch Virtanen aufgeklärt wurde, fügt sich dem für alle Gärungsprozesse gültigen allgemeinen Schema ein.

Die Gärungsexperimente führten Virtanen zum Studium der quantitativen Biosynthese von Bakterienenzymen, sowohl jener Fermente, die stets in der Zelle vorhanden sind, als auch derer, die sich erst unter dem Reiz eines neu angebotenen Stoffes in der Nahrung als sogen. „adaptive Fermente“ bilden.

Von Virtanen stammt das Konzept, daß fast alles Eiweiß der Bakterienzelle aus Enzymproteinen besteht. Er entwarf das Bild von einer molekularen Struktur des Zellplasmas, die durch die räumliche Anordnung und Zuordnung der Enzymmoleküle nach deren Funktion geprägt ist.

Virtanen bereicherte unsere Kenntnisse über die Biosynthese der Vitamine und über deren Bedeutung für Wachstum und Entwicklung der Pflanze. Er bewies, daß Pflanzen in gewissem Umfang auch organische Stickstoffverbindungen aufnehmen und als Stickstoffquelle verwerten können. Wir verdanken ihm die Entdeckung einer großen Zahl neuer pflanzlicher Inhaltsstoffe, vor allem freier Aminosäuren und organischer Schwefelverbindungen, deren Bedeutung für die Ernährung von Mensch und Nutztier diskutiert wurde.

Schon ab 1925 wendet Virtanen sich dem Problem der Stickstoffbindung durch Leguminosen (Hülsenfrüchte, Kleearten, Lupine, Seradella) zu, einem Prozeß, der neben der Kohlensäure-Assimilation grüner Pflanzen von fundamentaler Bedeutung für das gesamte Leben auf unserer Erde ist.

Bekanntlich können die mit sog. Knöllchenbakterien in Symbiose lebenden Leguminosen den reaktionsträgen Stickstoff der Luft binden und ihn nicht nur für die eigene Ernährung – zum Aufbau von Eiweißstoffen – nutzen, sondern den Boden mit Stickstoffverbindungen anreichern, die anderen Pflanzen, so den Nutzpflanzen unserer Äcker, als Nahrung dienen. „Stickstoffsammler“ hat man daher diese Leguminosen genannt; auf ihrer biologischen Aktivität beruht auch ihre Verwendung für die Gründüngung von Ackerland.

Die Bedeutung der Stickstoffbindung für unser Leben geht aus folgenden Zahlen hervor: Die Stickstoffsammler assimilieren jährlich 80–200 kg Stickstoff je Hektar; gute Kleefelder können bis zu 700 kg Stickstoff pro Hektar und Jahr assimilieren. Die Stickstoff-Menge der in Europa durchschnittlich verwendeten Stickstoff-Düngemittel beträgt demgegenüber nur etwa 25 kg je Hektar und Jahr, also einen nur kleinen Bruchteil des natürlich gebundenen Stickstoffs.

Durch welchen chemischen Prozeß binden und verwerten die Leguminosen in Symbiose mit Knöllchenbakterien den atmosphärischen Stickstoff? Welche Vorgänge spielen sich ab, um den assimilierten Stickstoff für die Synthese von Eiweißbausteinen (den Aminosäuren) und von Proteinen zu verwerten? Diese theoretisch hochinteressanten und für die Ernährung bedeutsamen Fragen wurden von Virtanens Schule durch vielseitige langjährige Untersuchungen unter Verwendung einer neu entwickelten speziellen Versuchsmethodik beantwortet. In seinem Vortrag nach Empfang des Nobelpreises 1945 hat Virtanen die chemischen Reaktionsschritte erläutert, die zur Ionisierung des atmosphärischen Stickstoffs und zu seiner Bindung durch die Symbiose der Knöllchenbakterien mit Leguminosen und die experimentellen Beweise für die Mitwirkung eines roten eisenhaltigen Pigments in den aktiven Wurzelknöllchen, des mit dem foetalen menschlichen Blutfarbstoff nahe verwandten Leghaemoglobins, bei der Stickstoff-Fixierung veröffentlicht. Weder die Pflanzen noch die Bakterien allein können den Stickstoff binden, sondern nur die in den Wurzelknöllchen vorhandene symbiotische Vergesellschaftung von Bakterien und Pflanzen verfügt über das insgesamt für die Stickstoffbindung benötigte biokatalytisch wirksame System.

Die Arbeiten über die Bindung atmosphärischen Stickstoffs wurden von Virtanen bereits mit dem Blick auf die Lösung praktischer Probleme der Ernährung durchgeführt. Die Bodenfruchtbarkeit in den skandinavischen Ländern ist durch Mangel an Stickstoffverbindungen begrenzt. Eine erfolgreiche Lösung des Stickstoffproblems würde von großer oekonomischer Bedeutung sein. Um diesem Ziel zu dienen, arbeitete Virtanen in zwei Richtungen. Die erste – soeben besprochene – Arbeitsrichtung sollte dazu beitragen, während des Sommers, per in Finnland nur

Artturi Ilmari Virtanen
15. 1. 1895–11. 11. 1973



3½ Monate dauert, durch vermehrten und besseren Anbau und reichere Ernten von Leguminosen hoch eiweißreiches Grünfütter zu erzeugen. Durch die besondere klimatische Situation Finnlands war auch die zweite Arbeitsrichtung vorgezeichnet. Sie führte zu einer Methode, mit deren Hilfe man das im Sommer geerntete Grünfütter ohne Verlust an Nährstoffen, Eiweiß und Vitaminen für den langen Winter konservieren und als Kraftfütter verwenden konnte. Die Erfahrung hatte gelehrt, daß die alleinige Fütterung mit Heu nicht ausreichte, um Nutzvieh leistungsfähig zu erhalten, und daß die seit langem übliche Ergänzung des Trockenfütters durch Ölkuchen aus warmen Ländern eine große finanzielle Belastung für das Land bedeutete.

Beide Arbeitsrichtungen – Steigerung der Stickstoff-Assimilation und Gewinnung eiweißreichen Grünfütters während des Sommers und dessen möglichst verlustlose Konservierung für den Winter – dienten also der Verbesserung der Nahrungsgrundlage im eigenen Lande. Virtanen hat sich mit bewundernswerter Ausdauer und Geduld der Lösung dieser Aufgaben gewidmet.

Wie kann man ein an Nährstoffen und Vitaminen reiches Grünfütter aus den Sommermonaten ohne nennenswerten Verlust an Nährwert für den Winter konservieren?

Es ist seit langem bekannt, daß man die durch zelluläre Atmungs- und bakterielle Gärungsprozesse gekennzeichnete allmähliche Verrottung gestapelten Grünfütters durch Zusatz von organischen oder mineralischen Säuren unterbinden kann. Seit dem Altertum hat man dieses Wissen genutzt, um auf rein empirischer Basis sogen. „Gärfütter“ oder „Silage“ herzustellen. Es ist in hohem Maße überraschend, daß Virtanen der erste war, der die seit Jahrtausenden geübte reine Empirie bei der Darstellung von Silage durch ein systematisches Studium der optimalen Bedingungen für eine verlustlose Herstellung von haltbarem, bekömmlichem, an Proteinen und Vitaminen reichem Gärfütter ersetzte.

In recht mühsamen, über viele Jahre ausgedehnten Untersuchungen hat er gefunden, daß Salzsäure mit einem Zusatz von Schwefelsäure unter genau einzuhaltenden Konzentrationsverhältnissen ein einfaches Mittel für optimale Konservierung ist. Durch Einstellen eines bestimmten Säuregrads (zwischen pH 4 und pH 3) kann man gleichzeitig alle Wirkungen erzielen, die

man erzielen möchte: Die Atmung der Pflanzenzellen, die zum Verbrauch, also Verlust, von Kohlenhydraten führt, wird bei gleichzeitig geeigneter Stapelung des Grünfutters in Silos auf ein Minimum reduziert; die Milchsäuregärung wird gestoppt; die Bildung von Buttersäure, die dem Gärfutter einen schlechten Geschmack verleiht und die Qualität von Kuhmilch vermindert, wird völlig unterbunden; der Abbau von Eiweiß unterbleibt; der Gehalt an Vitaminen wird nicht beeinträchtigt.

Die in Laboratoriumsversuchen *in vitro* ermittelten und gesicherten Resultate werden in der Praxis bestätigt. Virtanen kauft 1933 eine eigene Farm und macht sie zu einem landwirtschaftlichen Versuchsgut unter persönlicher Kontrolle. Zwei bis drei Wochen nach Beginn der Behandlung des Futters nach Virtanens Konservierungsmethode in Silos erweisen sich die hinzugesetzten Mineralsäuren bereits als neutralisiert und durch freigesetzte natürliche organische Säuren ersetzt. Die Kühe fressen das konservierte Futter mit Appetit, sie gedeihen vorzüglich, ihre Milchproduktion steigt, Milch und Butter sind reich an Vitaminen – besonders an Vitamin A und Carotin –, was für die Gesundheit der Bevölkerung von großer Bedeutung wird. Die neue Konservierungsart wird unter der Bezeichnung „AIV-Methode“ – nach den Initialen ihres Entdeckers – offiziell in Finnland eingeführt und zum wirksamen Mittel, den Vitaminbedarf der Bevölkerung auch in den langen Wintermonaten zu decken, denn nun kann man „Sommer-Milch“ während des ganzen Jahres produzieren. – Die Einfuhr von Zusatzkraftfutter kann erheblich eingeschränkt werden und es ist oekonomisch außerdem von Bedeutung, daß man auch die Herbsterntee an Gräsern und Leguminosen, die zur Gewinnung von Heu meist ungeeignet ist, der AIV-Methode zuführen kann; dadurch wird die Ernährungsbasis wesentlich erweitert. Kein Wunder, daß die Methode sich ausbreitet; sie wurde nach den Erfolgen in Finnland in allen skandinavischen Ländern, in Holland und Großbritannien aufgenommen und in den Vereinigten Staaten und in Deutschland sind Varianten der AIV-Methode entwickelt worden.

Mit der Darstellung der Bedeutung, die man der AIV-Konservierungsmethode beimessen kann, sind wir inhaltlich den Ausführungen gefolgt, die A. Westgren als Vorsitzender des Nobel-

komitees für Chemie am 10. Dezember 1945 anlässlich der Verleihung des Nobelpreises an Atturi Virtanen „für seine Untersuchungen und Entdeckungen auf dem Gebiet der Agrikulturchemie und Ernährungsforschung, insbesondere für seine Methode zur Konservierung von Futterpflanzen“ in seiner Laudatio verlesen hat. Jene Laudatio Westgrens schließt mit dem Satz, er glaube sich nicht zu täuschen, wenn er sage, daß die Quelle der Inspiration und der Kraft zur Durchführung des großen wissenschaftlichen Werkes in Virtanens glühender Vaterlandsliebe zu suchen sei, und daß der erfolgreiche Weg des Laureaten erneut bestätige, wie Lauterkeit und Eifer im Dienst für die Seinen und sein Land – ohne an sich selbst und an persönlichen Vorteil zu denken – der ganzen Menschheit zugute komme.

In der Tat wurde der in seiner Heimat und in seinem Volke tief Verwurzelte Beispiel und Vorbild für den rechten Gebrauch der dem Menschen verliehenen Gaben. Seine Zukunftsperspektiven über den mutmaßlichen Weg der Menschheit und die ihr drohenden Gefahren waren im Grunde optimistisch. Er war davon überzeugt, daß man – wie in der Vergangenheit, so auch in der Zukunft – jede erkennbare oder neu auftretende Notsituation durch den Einsatz von Wissenschaft und Technik – durch neue Ideen, neue Erkenntnisse und neue Methoden – zu meistern imstande sei, und daß es höchstens am rechten Willen dazu, an Unternehmungsgeist, fehlen könne. Er war davon überzeugt, daß das Bevölkerungswachstum nicht mit steigender Geschwindigkeit die Menschheit dem Untergang zuführe, sondern in großen Zügen in Harmonie mit der Zunahme der Lebensmöglichkeiten erfolge. An genügend Nahrung brauche auf der Erde auch bei beständig zunehmender Bevölkerung kein Mangel zu herrschen, da außer den heutigen Anbaugebieten es auf der Erde noch Milliarden Hektar für den Anbau geeigneter Flächen gäbe, daß in der Bewässerung und dem Fruchtbarmachen weiter Landstriche sowie in einer wesentlich besseren Ausnutzung der in den Weltmeeren vorhandenen Nahrungsreserven und in der Produktion neuartiger Nahrungsmittel fast unerschöpfliche Möglichkeiten lägen. Aber auch neuartige technische Methoden für die Gewinnung von Nahrungsmitteln könnten zur Verbreiterung der Ernährungsbasis führen.

In diesem Zusammenhang muß noch ein Arbeitsgebiet Virtanens erwähnt werden, das ihn in den letzten zehn Jahren seines Lebens besonders beschäftigt hat. Er entdeckte, daß man Milchkühe vollwertig mit einem Futter ernähren kann, das völlig eiweißfrei ist, nur aus den gereinigten Kohlenhydraten Cellulose, Stärke und Zucker als Energie-Nahrung sowie Mineralsalzen und den fettlöslichen Vitaminen A, D und E besteht, und dem Harnstoff und Ammoniumsalze als einzige Stickstoffquellen hinzugefügt werden. Nach kurzer Adaptionszeit gedeihen die Kühe mit diesem Futter in jeder Hinsicht ausgezeichnet. In mehreren Versuchsreihen, die über mehrere Graviditäten und Laktationsperioden ausgedehnt wurden, zeigten die völlig gesunden Versuchstiere eine hohe Milchleistung; die Milch unterschied sich in ihrer Zusammensetzung, ihrem Vitamingehalt und Aroma nicht von der Milch normal ernährter Tiere. Dieses Ergebnis ist nur deshalb verständlich, weil das Rind als Wiederkäuer in seinem Pansen eine Symbiose mit Mikroorganismen unterhält, die den Stickstoff aus Harnstoff und Ammoniak für die Synthese von Eiweißbausteinen und Proteinen ausnutzen und diese Produkte ihres Stoffwechsels dem Wirtstier für den Aufbau von Eiweiß verfügbar machen.

Die Bedeutung der eiweißfreien Fütterung von Milchkühen liegt einmal darin, daß für den Aufbau von tierischem Eiweiß auf den Umweg über pflanzliche Proteine verzichtet wird, der stets mit hohen Verlusten verbunden ist. Zum anderen gestattet die proteinfreie Fütterung eine Milchtierhaltung in Gebieten ohne Weidewirtschaft, in denen geeignete Kohlenhydrate verfügbar sind. In waldreichen Ländern könnten Abfallprodukte der Holzwirtschaft – Hemicellulosen und Cellulose von geringer Qualität –, in tropischen Gegenden könnte Zuckerrohr als Futterbasis dienen. Da die Unterernährung auf der Erde verschwinden würde, wenn die vegetabile Nahrung der Menschen in Mangelgebieten pro Tag und Person durch Zugabe von $\frac{1}{2}$ l Milch vervollständigt würde, verdient der aufgezeigte Weg nach Virtanens Überzeugung Beachtung für die Lösung von Welternährungsproblemen.

Die einzig wirklich ernste Gefahr der starken Bevölkerungszunahme sah Virtanen in der sozialen Verhaltensweise der Menschen. „Wie verhält sich der Mensch als Individuum in dem

Ameisenhaufen, den die Erde zu werden droht? Kann er noch seine Individualität und seine geistige Freiheit bewahren?“ Fragen dieser Art hat er oft gestellt und in Vorträgen behandelt, aber nur im persönlichen Gespräch offenbarte er, daß beim Suchen nach einer Antwort auf diese Fragen sein wissenschaftlich begründeter Optimismus sich als nicht mehr tragfähig erwies, vor allem nicht in bezug auf die Möglichkeit, der Menschheit einen dauernden Frieden zu sichern. Solange man in Frieden und Freiheit leben darf, müsse man um so mehr alles jeweils Mögliche tun, um unser und unserer Mitmenschen gegenwärtiges Dasein zu verbessern. Dieser Aufgabe hat Artturi Ilmari Virtanen bis zu seinem Tod am 11. November 1973 mit ganzer Kraft gedient.

Adolf Butenandt