

Helmut KINZEL, Stammvater zukunftsweisender Forschung

Marianne POPP

Die wissenschaftliche Entwicklung des Forschungszweiges „Chemische Physiologie der Pflanzen“, die Univ.-Prof. Helmut KINZEL an der Universität Wien begründete, wird kurz dargestellt. Zu Beginn standen vorwiegend analytische Ansätze im Mittelpunkt, die der Frage nachgingen, welche physiologisch-chemischen Merkmale zur Bewältigung bestimmter Standortsfaktoren notwendig sind (z.B. Kalk, Silikat, Salz). In konsequenter Weiterführung des wissenschaftlichen Vermächtnisses von Helmut KINZEL gingen die wissenschaftlichen Ansätze seiner Schülerinnen und Schüler immer mehr in synthetische, prozess-orientierte Richtung, die dadurch geprägt ist, dass die physiologischen Leistungen der Pflanzen in einen ökosystemaren Gesamtzusammenhang gestellt werden.

POPP M., 2008: Helmut KINZEL, originator of trend-setting research.

The development and changes of the scientific focus “Chemical physiology of plants”, initiated by Univ.-Prof. Dr. Helmut KINZEL at the University of Vienna, is briefly illustrated. Initially, a rather analytical approach took center stage, searching for physiological-chemical features responsible for plant adaptation to special environmental factors (e.g. limestone vs. silicate, salinity). Building on the scientific legacy of Helmut KINZEL and his visionary research, the scientific objectives of his pupils changed to more synthetical, process-orientated approaches, putting the physiological behaviour of plants within an ecosystem context.

Keywords: Helmut KINZEL, plant physiologist, chemical physiology, ecological biochemistry, Institute of Plant Physiology, University of Vienna.

Wenn auch die Abteilung „Chemische Physiologie der Pflanzen“ bereits Geschichte ist, da mit der Einführung des UG 2002 die Abteilung zum Department und aus der „Chemischen Physiologie der Pflanzen“ „Chemische Ökologie und Ökosystemforschung“ wurde, sind die zukunftsweisenden, vorausblickenden Weichenstellungen von Prof. Helmut KINZEL (Abb. 1) in der Forschungstätigkeit seiner Schüler- und Schülerinnenkreise und bereits der von ihnen angeleiteten jungen Forscherinnen und Forscher zu erkennen.

Der letzte Dekan der Fakultät für Naturwissenschaften und Mathematik und gleichzeitig der erste für jene der Lebenswissenschaften, Prof. Dipl.-Ing. Mag. Dr. Christian NOE, vertritt die Meinung, dass in einem Stammbaum der Pflanzenwissenschaften praktisch alle Wurzeln der Wiener Botanik bei Nikolaus Joseph Freiherr von JAQUIN (1727–1817) liegen. Das nachzuvollziehen würde hier etwas zu weit führen, aber Helmut KINZEL steht durchaus in einer historisch interessanten Verbindung mit früheren Größen an der Universität Wien. Der erste Inhaber der Lehrkanzel für „Anatomie und Physiologie der Pflanzen“, Franz UNGER (1800–1870), hatte sich während seiner Tätigkeit als Arzt in Kitzbühel bereits mit den Kalk- und Silikatpflanzen auseinandergesetzt, eine Fragestellung, die Helmut KINZEL bis in seine letzten Jahre stetig verfolgt hat (siehe Beitrag ALBERT).

Sowohl die WIESNER'sche Rohstofflehre (1873) als auch die „Mikrochemie der Pflanze“ (erste Auflage 1913) sowie „Pflanzenchemie und Pflanzenverwandtschaft“ (1933) von Hans MOLISCH zeugen von einer engen Verknüpfung von Pflanzenwissenschaften und Chemie, die schlussendlich in der Begründung der Lehrkanzel „Chemische Physiologie der Pflanzen“ im Jahr 1967 institutionalisiert wurde. In Helmut KINZEL sah sein Dissertationsbetreuer und damaliger Institutsvorstand, Karl HÖFLER, die Möglichkeit, diese physiologisch – chemische Tradition fortzusetzen (siehe Beitrag ALBERT).



Abb. 1: Univ.-Prof. Dr. Helmut KINZEL, 1925–2002. – Fig. 1: Univ.-Prof. Dr. Helmut KINZEL, 1925–2002.

Was macht also die „KINZEL-Schule“ aus? Worin liegen die „Markenzeichen“, die nun bereits von der Enkel/Enkelinnen- bis Urenkel/Urenkelinnen-Generation weiter getragen werden?

Es sind im Prinzip zwei Leitlinien, die erfreulicherweise im derzeitigen Namen unseres Departments wiedergegeben sind: Die chemischen Methoden (Chemische Ökologie) und der „Blick fürs Ganze“ (Ökosystemforschung).

Nach der Teilnahme am IV. Internationalen Kongress für Biochemie in Wien im Jahre 1958 schrieb KINZEL in einem im Jahr 1959 in der Zeitschrift „Protoplasma“ erschienenen Bericht über dieses Großereignis Folgendes in der Einleitung: *„Obwohl in der Wissenschaft grundsätzlich jede Angabe überprüfbar ist, ist doch eine experimentelle Überprüfung aller dieser vielen Angaben eine praktische Unmöglichkeit und daher muß sehr vieles einfach hingenommen, geglaubt werden, obwohl der Leser genau weiß, dass manches davon einer genauen Prüfung nicht standhalten würde. So gehört heute schon zu den notwendigen Eigenschaften eines Wissenschaftlers ein gewisses Fingerspitzengefühl für echt und unecht, eine Eigenschaft, die erkenntnistheoretisch sehr anfechtbar, doch heute bereits eine praktische Notwendigkeit geworden ist. Aber auch wenn man tatsächlich alle diese falschen oder unzulänglichen Angaben ausscheiden könnte, würde immer noch ein „Zuviel“ bleiben. Auch das, was an Richtigem mitgeteilt wird, ist mehr, als irgendein Mensch wirklich geistig assimilieren kann. Was wird nun geschehen? Es werden die Handbuchschreiber kommen und die mitgeteilten Daten in ihre Sammelwerke einbauen. Und das ist gut so. Wir sind den Autoren der Handbücher dankbar, sie liefern uns eine unbedingt notwendige Grundlage für das Weitere. Aber hier taucht nun die Frage auf: Grundlage wofür? Geschieht nun doch etwas mit dem hier aufgestapelten Wissen? Vielleicht hilft uns ein Vergleich weiter: Wenn man, wie es zuweilen geschieht, die Originalarbeiten mit den Bausteinen unseres Wissens vergleicht, dann könnte man so einen Kongreßbericht einem wirren Haufen von Ziegelsteinen vergleichen, wie man ihn oft an Bauplätzen liegen sieht. Der nächste Schritt ist der, dass Arbeiter kommen und diese Ziegelsteine in übersichtliche Haufen schichten. Diese übersichtlichen Stöße von Bausteinen wären nun etwa mit den Handbüchern zu vergleichen. Aber es ist klar, dass dies nicht der letzte Schritt ist. Die eigentliche Bestimmung von Ziegelsteinen ist nicht die, dass man sie zu Stößen schichtet, sondern dass man ein Haus aus ihnen baut. Wie dieses Vergleichsobjekt, dieses geistige Haus, nun genannt werden soll, ist schwer zu sagen, aber das Wesentliche dürfte wohl aus dem Vergleich selbst abzulesen sein. Es handelt sich für uns darum, das Beobachtete in seinen größeren Zusammenhängen zu sehen, die wesentlichen Ordnungen des Lebendigen herauszuarbeiten und zu einem mitteilbaren Bild zu gestalten. Wir leiden unter einem Übermaß von ungestaltetem Wissen.“*

Und weiter unten in diesem Artikel heißt es:

„Die Gestaltung eines unserem heutigen Wissen entsprechenden Bildes der Wirklichkeit ist ein gegenüber der experimentellen Forschung selbständiger geistiger Vorgang, der uns als Aufgabe gestellt ist.“

In der experimentellen Forschung ging es KINZEL immer darum, die bestmöglichen chemischen Methoden für pflanzenphysiologische Fragestellungen anzuwenden.

Bereits in die Phase der Zellphysiologie und Vitalfärbung fallen zwei Publikationen zu Methoden, nämlich 1954 eine über pH-Werte alkalischer Phosphatpufferlösungen, wo erstmals eine Glaselektrode zur pH-Messung zum Einsatz kam und 1955 die Beschrei-

bung eines Mikrokolorimeters, das zur Quantifizierung von Farbreaktionen in mikroskopischen Präparaten diene.

Trotz all dieser Verbesserungen erkannte KINZEL, dass der Aussagekraft von Vitalfärbung und anderen zellphysiologischen Methoden Grenzen gesetzt waren (siehe auch Beitrag von ALBERT). Dank seiner profunden chemischen Ausbildung (3 Jahre Chemie Hauptstudium) ging KINZEL daran, die Inhaltsstoffe pflanzlicher Zellen und insbesondere der Vakuolen mit direkteren analytischen Methoden zu charakterisieren. Heute würde man ihn als den Begründer der „Osmolomics“ bezeichnen.

Basierend auf seiner grundlegenden Arbeit „Zur Methodik der Analyse von pflanzlichen Zellsaft-Stoffen, mit besonderer Berücksichtigung der organischen Säuren“ (KINZEL 1962) haben im Laufe der Jahre zahlreiche Dissertantinnen und Dissertanten dazu beigetragen, die Erfassung aller in Frage kommenden osmotisch wirksamen Inhaltsstoffe zu ermöglichen und die Analysenverfahren stetig zu verbessern und zu verfeinern. Wer heute in der „Enkel- bis Urenkel“-Generation die anorganischen Kationen bzw. Anionen jeweils in einem Lauf per HPLC (Hochdruckflüssigkeits-Chromatographie) geliefert bekommt, kann sich nur schwer vorstellen, wie arbeitsintensiv die Bestimmung eines solchen Ionenspektrums früher war. Für die flammenphotometrische Bestimmung von Calcium und Magnesium musste Strontium als interner Standard und Barium als Normalisator hinzugefügt und die Proben anschließend filtriert werden, ehe sie natürlich händisch eine nach der anderen für beide Elemente getrennt vermessen wurden (KINZEL et al. 1967). Bei den Anionen wurde Chlorid mittels potentiometrischer und Sulfat mittels colorimetrischer Titration erfasst, für Phosphat konnte die noch heute übliche colorimetrische Bestimmung angewandt werden. Viele Schwierigkeiten bereitete die Bestimmung von Nitrat. Beginnend mit einer Verbesserung der Mikrodiffusions-Methode nach CONWAY (v. SCHNURBEIN 1967) wurde Unterschiedlichstes erprobt, von ionenselektiven Elektroden, die sich aber nur für Wasser-Analytik einsetzbar herausstellten, bis zur Reduktionsmethode mit Cadmium und anschließender Bestimmung des Nitrits (LEW 1973).

Im Sinne des Eingangs erwähnten Zitates (KINZEL 1959) ging es auch immer darum, die Richtigkeit und Plausibilität der Ergebnisse zu überprüfen, was durch die parallele Bestimmung der Gesamtsäure und der freien Säure im Bereich der ionischen Inhaltsstoffe gelang. Für die Gesamtmenge an osmotisch wirksamen Inhaltsstoffen wurde das osmotische Potenzial herangezogen, das schon damals kryoskopisch in kleinen Volumina bestimmt werden konnte. Eine Studie aus dem Jahr 2006 (CALLISTER et al.) bestätigt in einem Methodenvergleich: ‘osmometry of expressed sap is proposed as a suitable method for large-scale investigations of leaf osmotic potential’.

In Zusammenhang mit Oxalat-führenden und sehr calciumreichen Pflanzen hat Helmut KINZEL immer darauf hingewiesen, dass bei der Herstellung von Heißwasserextrakten womöglich durch die drastische Erhöhung des Wasservolumens bezogen auf die Trockensubstanz Calcium- und Oxalat- Ionen, aber auch andere Substanzen in gelöster Form vorliegen können, die unter in vivo Bedingungen in der Zelle ungelöst sind.

Als ein weiteres Problem erkannte er auch, dass die im Flammenphotometer gemessenen Konzentrationen der Ionen nichts über deren Aktivität in der Zelle aussagen. Den zahlreichen Dissertationen über Calcium und Oxalat (SCHMID 1968, LÖTSCH 1969, LEW 1973, STEINER 1977, KIRCHNER 1981) wurde also ein weiteres Projekt hinzugefügt, das diese Frage lösen sollte. Im als FARADAY’schen Käfig konzipierten Elektrochemie-Labor des Institutsneubaues in der Althanstraße versuchte Wolfgang BURESCH mit käuflichen

Calcium-Elektroden die Aktivität des Calciums an Presssäften insbesondere calciotropher Arten zu messen.

Die Tücken dieses an und für sich überzeugenden Ansatzes lagen in der Interaktion von diversen Presssaftinhaltsstoffen mit der ionenselektiven Membran der Elektroden. Das Problem konnte aber einer befriedigenden Lösung zugeführt werden, nachdem die Verfasserin dieser Zeilen im Jahr 1987 an die Westfälische Wilhelms-Universität Münster übersiedelte, wo im Fachbereich Chemie mit Prof. CAMMANN (1977) ein Spezialist für ionenselektive Elektroden tätig war. Im Rahmen seiner Diplomarbeit entwickelte sich Andreas J. MEYER (1991) zum Spezialisten in der Herstellung Ca-sensitiver Elektroden und konnte so zeigen, dass 60% bis 90% des wasserlöslichen Calciums komplexiert vorliegt, wobei vor allem Citrat, Isocitrat und Malat besonders wirksam sind (MEYER & POPP 1997). Aber selbst ohne diese „verfeinerten“ Erkenntnisse über die wirksamen Calcium-Formen in den Zellen höherer Pflanzen hat Helmut KINZEL bereits im Rahmen der Tagung der Deutschen Botanischen Gesellschaft im August 1971 in Innsbruck unter dem Titel „Biochemische Ökologie-Ergebnisse und Aufgaben“ das Szenario für vielfältige weitere Entwicklungen dargelegt (KINZEL 1971). Bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) wurde 1973 ein Schwerpunkt „Biochemische Grundlagen ökologischer Anpassungen bei Pflanzen“ eingerichtet und bis 1981 gefördert. Der betreffende Absatz im Jahresbericht der DFG greift viele der von KINZEL (1971) geäußerten Gedankengänge auf.

„Biochemische Grundlagen ökologischer Anpassung bei Pflanzen – Begründung für die Einrichtung des Schwerpunktes:

Die Ökologie befasst sich mit dem Nachweis und der Analyse der Wechselbeziehungen zwischen Organismus und Umweltfaktoren im natürlichen Lebensbereich. Erst auf der Kenntnis der Reaktionen und Mechanismen im natürlichen Lebensbereich lassen sich Vorhersagen für die Veränderung und die Belastbarkeit von Ökosystemen durch anthropogene Einflüsse machen. So kann von der Biologie nun ein Beitrag zum Umweltschutz geliefert werden. Fundierte Vorhersagen über die Belastbarkeit der Ökosysteme, die sich durch die Industrialisierung ungeheuer rasch verändern, müssen auf genauen Kenntnissen der Reaktionen und Mechanismen am natürlichen Lebensraum basieren. Von seiten der stoffwechselfysiologischen Ökologie sollen daher im Schwerpunktprogramm Vorhaben gefördert werden, in denen aufgrund stoffwechselfysiologischer Daten und Grundlagen ein allgemeines Prinzip abgeleitet werden kann, d. h. es sollen Daten und Zusammenhänge, die eine Kausalanalyse vorbereiten und Ansatzpunkte zur Untersuchung biochemischer Wirkungsmechanismen bieten, gefördert werden.

Es sind die Themenkreise zur Bearbeitung vorgesehen:

Anpassung an Trockenheit, Salzresistenz, Kälteresistenz, Hitzeresistenz, Anpassung an verschiedene Lichtfaktoren, Resistenz gegen natürliche Noxen, Submersionsresistenz, Anpassung an besondere edaphische Verhältnisse.

Auf lange Sicht wird angestrebt, Biochemiker auch für die Fragestellungen der Ökologie zu interessieren und zunächst über Rundgespräche zu einer Mitarbeit zu gewinnen. In diesem Zusammenhang wird besonderer Wert auf die Nachwuchsförderung gelegt, da in dieser Arbeitsrichtung noch ein empfindlicher Mangel herrscht.“

Die im DFG-Schwerpunkt angestrebte Verknüpfung von Ökologie und Biochemie war in der KINZEL-Schule immer gegeben. Etliche der Dissertantinnen und Dissertanten wählten Chemie bzw. Biochemie als ihr Nebenfach zur Promotion zum Doktor der Philosophie,

wie der mit dem Hauptfach Botanik zu erreichende akademische Grad damals bezeichnet wurde.

Im Sinne dieser biochemischen Ausrichtung wurden auch Enzymaktivitätsmuster herangezogen, um den physiologischen Zustand von Pflanzen zu charakterisieren (KINZEL & STUMMERER 1974), eine Herangehensweise, der Mitglieder der KINZEL-Schule weiterhin verpflichtet blieben (SOMMER et al. 1990, STEWART et al. 1986, WANEK & RICHTER 1993, WANEK & RICHTER 1995). Besonders hervorzuheben sind hier die Arbeiten von Andreas RICHTER und seiner Gruppe von „KINZEL-Urenkel“, die ganz wesentliche Beiträge zum Stoffwechsel der Cyclitgalactoside während der Samenentwicklung und -keimung geleistet haben (BLÖCHL et al. 2007, PETERBAUER et al. 1999, 2001, 2002).

Diese Expertise in der Kohlenhydrat-Analytik im weitesten Sinn bildet auch heute noch ein wesentliches Standbein des Departments und die Basis für diverse internationale Kooperationen (Dorothea BARTELS, Universität Bonn; Nina BUCHMANN, ETH Zürich; Peter HÖGBERG, Universität Umeå, Schweden; Christian KÖRNER, Universität Basel; Andrew MERCHANT und Mark ADAMS, Universität Sydney; Sharon ROBINSON, University of Wollongong, Australia; Klaus WINTER, Smithsonian Tropical Research Institute, Panama; Gerhard ZOTZ, Universität Oldenburg). Die immer empfindlicheren chemisch-analytischen Methoden und die Anwendung stabiler Isotope erlauben nun einen noch genaueren Einblick in die Kausalkette stoffwechselphysiologischer Prozesse (WANEK et al. 2001) als dies KINZEL & STUMMERER (1974) angestrebt hatten.

Bedingt durch die Auseinandersetzung mit der österreichischen Düngemittel-Beratungsstelle, aber auch in Erkenntnis der mangelnden wissenschaftlichen Unterstützung der biologisch-organischen Landwirtschaft (siehe Beitrag ALBERT) wandte sich KINZEL Ende der 1970er-, Anfang der 1980er Jahre bodenbiologischen Fragestellungen und den Interaktionen zwischen Pflanze und Boden zu. In einem Grundsatzreferat beim Grünen Forum Alpbach 1980 (KINZEL 1981) heißt es:

„Das Wurzelsystem ist also nicht nur eine Ionenaufnahmemaschine, wie es in manchen Lehrbüchern dargestellt wird, sondern ein ganz wichtiges System des lebenden Organismus, es gehen zahlreiche Wechselwirkungen von den oberirdischen zu den unterirdischen Teilen hin und her, und ich möchte vermuten, dass manche der positiven Wirkungen des organischen Landbaues auf die Vitalität, auch auf die Schädlingsresistenz der Pflanzen darauf zurückgehen, dass Bedingungen geschaffen werden, die ein optimales Wurzelwachstum gestatten und damit eine optimale Hormonproduktion, die die oberirdischen Teile irgendwie vitalisiert. Das ist wie gesagt eine Hypothese, die ich anstelle, und die weiter erforscht werden sollte.“

Man kann es vielleicht auch so sehen, dass Helmut KINZEL hier den Schritt von der „Pool“- zur „Prozessforschung“, von der „Detailaufnahme“ zum „Netzwerk“, vom „unifaktoriellen“ zum „multifaktoriellen Ansatz“ aufgezeigt und dann weiter verfolgt hat.

Es hängt bestimmt nicht nur mit der größeren zeitlichen Nähe dieser letzten wissenschaftlichen Schwerpunktsetzung von Helmut KINZEL zusammen, sondern mit dem wirklich visionären Ansatz, dass nach ihm besonders viele Projekte seiner Schülerinnen und Schüler und wiederum der von ihnen betreuten Studierenden in Angriff genommen wurden, die in unmittelbarer Nachfolge dieser KINZEL-Initiative stehen. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit seien folgende Projekte bzw. Publikationen erwähnt:

- MICDIF – Linking microbial diversity and function across scales and ecosystems (Nationales Forschungsnetzwerk, FWF, Koordinator: Andreas RICHTER).

- LTSER – Sozial-ökologische Langzeitforschung in der Eisenwurzen (Interdisziplinäres Forschungsprojekt, ProVISION – Vorsorge für Natur und Gesellschaft).
- RELIS – Ressource limitation of microbial decomposition of soil organic matter (Einzelprojekt, FWF).
- Dissecting the response to dehydration and salt (NaCl) in the resurrection plant *Craterostigma plantagineum* (SMITH-ESPINOZA et al. 2003).
- CEN-methods (European Standards) for determining plant available nutrients – A comparison (BAUMGARTEN 2004).
- Nutrient turnover, greenhouse gas exchange and biodiversity in natural forests of Central Europe (ZECHMEISTER et al. 2005).
- Composition of the microbial communities in the mineral soil under different types of natural forest (HACKL et al. 2005).
- Short term changes in carbon isotope composition of soluble carbohydrates and starch: from canopy leaves to the root system (GÖTTLICHER et al. 2006).
- Targeted metabolite profiling provides a functional link among eucalypt taxonomy, physiology and evolution (MERCHANT et al. 2006).
- Changes in carbohydrate and nutrient contents throughout a reproductive cycle indicate that phosphorus is a limiting nutrient in the epiphytic bromeliad, *Werauhia sanguinolenta* (ZOTZ & RICHTER 2006).
- Heterotrophic microbial communities use ancient carbon following glacial retreat (BARDGETT et al. 2007).
- Production of dissolved organic carbon and low-molecular weight organic acids in soil solution driven by recent tree photosynthate (GIESLER et al. 2007).
- Shift in soil-plant nitrogen dynamics of an alpine-nival ecotone (HUBER et al. 2007).
- Temperature sensitivity of microbial respiration, nitrogen mineralization, and potential soil enzyme activities in organic alpine soils (KOCH et al. 2007).
- Transient elevation of carbon dioxide modifies the microbial community composition in a semi-arid grassland (KANDELER et al. 2008).

Wie hoffentlich aus diesem sowie dem Beitrag von ALBERT hervorgeht, verstand es KINZEL meisterlich, Zustände, Befindlichkeiten und Probleme in markante, einprägsame Formulierungen zu fassen („*Wir brauchen keine Weltformel, sondern ein Weltbild*“). Er pflegte aber auch andere große Forscher, Dichter und Denker zu zitieren, stellte solche Zitate seinen Schriften und Büchern voran. In seiner Vorlesung brachte er regelmäßig den Ausspruch des Nobelpreisträgers Albert SZENT-GYÖRGYI (1893–1986): *‘Science is to see, what everybody has seen and to think, what nobody has thought’*. Im November 2005 reichte Theo ÖSTERREICHER seine Dissertation mit dem Thema „Die Physiologie der Rhizosphäre unter erhöhtem atmosphärischen CO₂“ ein und stellte der Arbeit folgendes Zitat voran: *„Daher ist die Aufgabe nicht sowohl zu sehen, was noch keiner gesehen hat, als bei dem, was jeder sieht, zu denken, was noch keiner gedacht hat“* (ARTHUR SCHOPENHAUER, 1788–1860).

Gerne würde ich mit Helmut KINZEL darüber diskutieren, ob SZENT-GYÖRGYI eine „geistige Anleihe“ bei SCHOPENHAUER genommen hat, oder ob große Geister bei der Charakterisierung von „Wissenschaft“ eben zu so ähnlichen Formulierungen kommen.

Wie immer diese Frage zu beantworten sein mag, Helmut KINZEL hat seine wissenschaftliche Nachkommenschaft auch dahingehend beeinflusst, dass es nicht nur auf den anzustrebenden Erkenntnisgewinn ankommt, sondern auch auf die entsprechende Reflexion über denselben.

Literatur

- BARDGETT R. D., RICHTER A., BOL R., GARNETT M., BÄUMLER R., XU X., LOPEZ-CAPEL E., MANNING D., HOBBS P. J., HARTLEY I. & WANEK W., 2007: Heterotrophic microbial communities use ancient carbon following glacial retreat. *Biology Letters* 3, 487–490.
- BAUMGARTEN A., 2004: CEN-methods (European Standards) for determining plant available nutrients – A comparison. Proceedings of the international symposium on growing media & hydroponics. *Acta Horticulturae* 644, 343–349.
- BLÖCHL A., PETERBAUER T. & RICHTER A., 2007: Inhibition of raffinose oligosaccharide breakdown delays germination of pea seeds. *J. Plant Physiol.* 164, 1093–1096.
- CALLISTER A. N., ARNDT S. K. & ADAMS A. M., 2006: Comparison of four methods for measuring osmotic potential of tree leaves. *Physiol. Plant.* 127, 383–392.
- CAMMANN K., 1977: *Das Arbeiten mit ionenselektiven Elektroden*. Springer Verlag Berlin – Heidelberg – New York.
- GIESLER R., HÖGGERBERG M. N., STROBEL B. W., RICHTER A., NORDGREN A. & HÖGGERBERG P., 2007: Production of dissolved organic carbon and low-molecular weight organic acids in soil solution driven by recent tree photosynthate. *Biogeochemistry* 84, 1–12.
- GÖTTLICHER S., KNOHL A., WANEK W., BUCHMANN N. & RICHTER A., 2006: Short term changes in carbon isotope composition of soluble carbohydrates and starch: from canopy leaves to the root system. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 20, 653–660.
- HACKL E., PFEFFER M., DONAT C., BACHMANN G. & ZECHMEISTER-BOLTENSTERN S., 2005: Composition of the microbial communities in the mineral soil under different types of natural forest. *Soil Biology & Biochemistry* 37, 661–671.
- HUBER E., WANEK W., GOTTFRIED M., PAULI H., SCHWEIGER P., ARNDT S. K., REITER K. & RICHTER A., 2007: Shift in soil-plant nitrogen dynamics of an alpine-nival ecotone. *Plant and Soil* 301, 65–76.
- KANDELER E., MOSIER A. R., MORGAN J. A., MILCHUNAS D. G., KING J. Y., RUDOLPH S. & TSCHERKO D., 2008: Transient elevation of carbon dioxide modifies the microbial community composition in a semi-arid grassland. *Soil Biology & Biochemistry* 40, 162–171.
- KINZEL H., 1954: pH-Werte alkalischer Phosphatpufferlösungen. *Protoplasma* 43, 441–449.
- KINZEL H., 1955: Ein einfaches Mikrokolorimeter. *Protoplasma* 45, 280–283.
- KINZEL H., 1959: Biochemische Ergebnisse von pflanzenphysiologischer Bedeutung. *Protoplasma* 50, 644–665.
- KINZEL H., 1962: Zur Methodik der Analyse von pflanzlichen Zellsaft-Stoffen, mit besonderer Berücksichtigung der organischen Säuren. *J. Chromatogr.* 7, 493–506.
- KINZEL H., 1971: *Biochemische Ökologie – Ergebnisse und Aufgaben*. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 84, 381–403.
- KINZEL H., 1981: Bisher vielfach vernachlässigte Erkenntnisse in der Ernährung der Pflanze. In „Ökologische Landwirtschaft“ (Kongreßbericht „Grünes Forum Alpbach 1980“). Schriftreihe „Grünes Forum“, Folge 2, Innsbruck 1981, 121–146.
- KINZEL H., BERGAUER P. & WEISSENBÖCK G., 1967: Zur Methodik der flammenphotometrischen Bestimmung von Calcium und Magnesium in Pflanzenteilen. *Z. Pflanzenphysiol.* 57, 209–222.
- KINZEL H. & STUMMERER H., 1974: Enzymaktivitäts-Muster als Indikatoren für den physiologischen Zustand von Pflanzen unter Mineralstoff-Mangel. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 86, 505–512.
- KIRCHNER G., 1982: Der Säurestoffwechsel von *Tradescantia albiflora* bei variierender Mineralstoffernährung mit besonderer Berücksichtigung des Oxalsäurestoffwechsels. Dissertation, Universität Wien.

- KOCH O., TSCHERKO D. & KANDELER E., 2007: Temperature sensitivity of microbial respiration, nitrogen mineralization, and potential soil enzyme activities in organic alpine soils. *Global Biogeochemical Cycles* 21/4.
- LEW H., 1973: Vergleichend physiologische Untersuchungen an oxalathaltigen Pflanzen. Dissertation, Universität Wien.
- MERCHANT A., RICHTER A., POPP M. & ADAMS M. A., 2006: Targeted metabolite profiling provides a functional link among eucalypt taxonomy, physiology and evolution. *Phytochemistry* 67, 402–408.
- MEYER A. J., 1991: Calcium-Komplexierung durch organische Säuren in höheren Pflanzen. Diplomarbeit Westfälische Wilhelms-Universität, Münster.
- MOLISCH H., 1913: Mikrochemie der Pflanze, 1. Auflage. G. Fischer, Jena
- MOLISCH H., 1933: Pflanzenchemie und Pflanzenverwandschaft . G. Fischer, Jena.
- ÖSTERREICHER T., 2005: Die Physiologie der Rhizosphäre unter erhöhtem atmosphärischen CO₂. Dissertation an der Fakultät für Lebenswissenschaften, Universität Wien.
- PETERBAUER T., LAHUTA L. B., BLÖCHL A., MUCHA J., JONES D. A., HEDLEY C. L., GORECKI R. J. & RICHTER A., 2001: Analysis of the raffinose family oligosaccharide pathway in pea seeds with contrasting carbohydrate composition. *Plant Physiology* 127, 1764–1772.
- PETERBAUER T., MUCHA J., MAYER U., POPP M., GLÖSSL J. & RICHTER A., 1999: Synthesis of stachyose in seeds of adzuki bean (*Vigna angularis*): molecular cloning and functional expression of stachyose synthase. *Plant Journal* 20, 509–518.
- PETERBAUER T., MUCHA J., MACH L. & RICHTER A., 2002: Chain elongation of raffinose in pea seeds. Isolation, characterization, and molecular cloning of a multifunctional enzyme catalyzing the synthesis of stachyose and verbascose. *Journal of Biological Chemistry* 277, 194–200.
- SCHMID H., 1968: Zellsaftanalysen an Kalkpflanzen mit besonderer Berücksichtigung der Ca-Salze. Dissertation, Universität Wien.
- SMITH-ESPINOZA C., RICHTER A., SALAMINI F. & BARTELS D., 2003: Dissecting the response to dehydration and salt (NaCl) in the resurrection plant *Craterostigma plantagineum*. *Plant Cell and Environment* 26, 1307–1315.
- SOMMER C., THONKE B. & POPP M., 1990: The compatibility of D-pinitol and 1D-1-O-methyl-mucositol with malate dehydrogenase activity. *Bot. Acta* 103, 270–273.
- STEINER G. M., 1977: Stoffwechselfysiologische Untersuchungen an *Chenopodium album* L. Ein Beitrag zur Physiologie der Ruderalpflanzen. Dissertation, Universität Wien
- STEWART G. R., POPP M., HOLZAPFEL I., STEWART J.A. & DICKIE-ESKEW A., 1986: Localization of nitrate reduction in ferns and its relationship to environment and physiological characteristics. *New Phytol.* 104, 373–384.
- SCHNURBEIN C. von, 1967: Über den Anteil von Nitrat und Chlorid an der Zusammensetzung des Zellsaftes von Blütenpflanzen. *Flora* 158, 577–593.
- WANEK W. & RICHTER A., 1993: L-Iditol:NAD⁺ 5-oxidoreductase in *Viscum album* L.: Utilization of host-derived sorbitol. *Plant Physiol. Biochem.* 31, 205–211.
- WANEK W. & RICHTER A., 1995: Purification and characterization of myo-inositol 6-O-methyltransferase from *Vigna umbellata* Ohwi et Ohashi. *Planta* 197, 427–434.
- WANEK W., HEINTEL S. & RICHTER A., 2001: Preparation of starch and other carbon fractions from higher plant leaves for stable carbon isotope analysis. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 15, 1136–1140.
- WIESNER J. v., 1873: Die Rohstoffe des Pflanzenreiches. Versuch einer technischen Rohstofflehre des Pflanzenreiches. 2 Bände, 1. Auflage. W. Engelmann, Leipzig.

- ZECHMEISTER-BOLTENSTERN S., HACKL E., BACHMANN G., PFEFFER M. & ENGLISCH M., 2005: Nutrient turnover, greenhouse gas exchange and biodiversity in natural forests of Central Europe. Tree species effects on soils: Implications for Global Change. NATO Science Series 55, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 31–49.
- ZOTZ G. & RICHTER A., 2006: Changes in carbohydrate and nutrient contents throughout a reproductive cycle indicate that phosphorus is a limiting nutrient in the epiphytic bromeliad, *Werauhia sanguinolenta*. Annals of Botany 97, 745–754.

Von KINZEL betreute Dissertationen, Diplomarbeiten und Lehramts-Hausarbeiten

Dissertationen	
1963	BOLAY Erika: Untersuchungen zur cytochemischen Interpretation der Vitalfärbung „voller“ Zellsäfte.
1966	WALLAND Alexander: Zellsaftuntersuchungen an Archegoniaten.
1967	SCHNURBEIN Cornelia v.: Über den Anteil anorganischer Anionen im Zellsaft von Blütenpflanzen, mit besonderer Berücksichtigung von Nitrat und Chlorid. WEISSENBOCK Gottfried: Salz-, Trocken- und Strahlensukkulenz bei Pflanzen.
1968	SCHMID Hannelore: Zellsaftanalysen an Kalkpflanzen mit besonderer Berücksichtigung der Ca-Salze.
1970	HORAK Othmar: Vergleichende Untersuchungen zum Mineralstoffwechsel der Pflanze. LÖTSCH Bernd: Untersuchungen zum pflanzlichen Oxalsäure- und Mineralstoffwechsel. NIERHAUS Dagmar: Vergleichende Untersuchungen über die organischen Säuren in Zellsäften von Angiospermen.
1971	ALBERT Roland: Vergleichende Untersuchungen über den Mineralstoffwechsel von Halophyten.
1973	LEW Hans: Vergleichend physiologische Untersuchungen an oxalathaltigen Pflanzen.
1974	EISENREICH Wolfgang: Über die Aufnahme von Quecksilberionen in Algenzellen und deren Einfluss auf DNS-Synthesen. JANAUER Georg: Die Auswirkungen des Herbizids „Atrazin“ auf den Stoffwechsel empfindlicher und resistenter Pflanzen. KREICI Gerhard: Jahresperiodische Stoffwechselschwankungen in <i>Phragmites communis</i> .
1995	POPP Marianne: Mineral- und Säurestoffwechsel einiger Kulturpflanzen bei unterschiedlicher mineralischer Ernährung.
1977	STEINER Gert Michael: Stoffwechselphysiologische Untersuchungen an <i>Chenopodium album</i> L. Ein Beitrag zur Physiologie der Ruderalpflanzen.
1978	RATTENBOCK Herbert: Chemisch-physiologische Charakterisierung der Brassicaceae. Ein Beitrag zum Physiotypen-Konzept.
1979	LADENBURGER Karin: Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Blattalterung und Salzbelastung bei einigen Halophyten.
1980	KARLIC Heidrun: Zur Physiologie des Wasserhaushaltes einiger immergrüner Laubgehölze: vergleichende Untersuchungen unter primärer Anwendung der Messmethoden mit der Druckkammer.

1981	<p>BEIGL Erwin: Verteilung der Alkaliionen zwischen Cytoplasma und Vakuole in Zellen höherer Pflanzen. Eine neuartige Untersuchungsmethode.</p> <p>EDER Maria: Mineralstoffwechsel von Hochmoor-<i>Vaccinium</i>-Arten in ökologischer Sicht.</p> <p>ENGLMAIER Peter: Beiträge zur Kenntnis des Kohlehydrathaushaltes salztoleranter <i>Puccinella</i>- und <i>Festuca</i>-Arten (Poaceae).</p> <p>KÖNIGSHOFER Helga: Stoffwechselphysiologische Untersuchungen an <i>Plantago</i>-Arten unter besonderer Berücksichtigung ökologischer Aspekte.</p> <p>MUTSCH Franz: Schwermetallanalysen an Freilandpflanzen im Hinblick auf die natürliche Spurenelementversorgung und die Schwermetallintoxikation.</p>
1982	<p>CHVOJKA Adolf: Untersuchungen über Mutanten der Katalase T-Biosynthese und über Katalaseaktivität regulierende Gene der Hefe <i>Saccharomyces cerevisiae</i>.</p> <p>HUI-WEN Ma: Einfluss von Manganionen auf die Makromolekülsynthese in <i>Aspergillus niger</i> während der Citronensäuregärung.</p> <p>KIRCHNER Gerhard: Der Säurestoffwechsel von <i>Tradescantia albiflora</i> bei variierender Mineralstoffernährung mit besonderer Berücksichtigung des Oxalsäurestoffwechsels.</p>
1983	<p>KANDELER Ellen: Kalkchlorose bei Fabaceen: Untersuchungen zum Mineralstoff-, Säure-, Stickstoff- und Eisen-Haushalt.</p> <p>SCHIESTL Robert: Induzierbarkeit eines Genomrearrangements bei heterothallischen Stämmen der Hefe <i>Saccharomyces cerevisiae</i>.</p>
1994	<p>MEISCHL Roswitha: Über den Cardenolidstoffwechsel in <i>Convallaria majalis</i> L.</p> <p>MÜLLEBNER Marianne: Enzymaktivitätsuntersuchungen im Wurzelbereich von Böden unter einigen Vegetationseinheiten mit verschiedenartiger Nutzung.</p>
1985	<p>CHIZZOLA Remigius: Die Rolle der Trans-Aconitsäure im Ionengleichgewicht Höherer Pflanzen.</p> <p>HAUSMANN Bernadette: Untersuchungen der flüchtigen lipophilen Sekundärstoffe von <i>Picea abies</i>.</p> <p>TROCKNER Verena: Ionenverteilung und Inhaltsstoffmuster in Blättern streusalzbelasteter Wiener Alleebäume.</p> <p>ZELMAN Nadja: Analytische Untersuchungen der nichtflüchtigen Harzinhaltsstoffe in Nadeln, Zweigen und Rinden von gesunden und geschädigten Fichten (<i>Picea abies</i>).</p>
1986	<p>POLLAK Jutta: Stoffwechselphysiologische Charakterisierung der Boraginaceen unter besonderer Berücksichtigung ökologischer Aspekte.</p> <p>RÖSSNER Hugo: Kationen- und Anionenmuster in Crassulaceen unter besonderer Berücksichtigung des Calciumstoffwechsels.</p>
1987	<p>VON DER EMDE Karin: Untersuchungen über das Vorkommen thermophiler Actinomyceeten bei der Kompostierung von Hausmüll.</p> <p>WOLLENWEBER Bernd: Vergleichende chemisch-physiologische Untersuchungen über den Zusammenhang der Stickstoff-Assimilation mit dem Carboxylatgehalt in Pflanzen verschiedenartiger Standorte.</p>
1988	<p>BAUMGARTEN Andreas: Die Beeinflussung der bodenmikrobiologischen Aktivität durch saure Deposition.</p> <p>RATZER Brigitte: Die Rolle von Mangan als möglicher Faktor in der Verbreitung von <i>Vaccinium myrtillus</i> und <i>Vaccinium uliginosum</i> an verschiedenen Hochmoor-Standorten.</p> <p>SCHESTAG Christa: Mineralstoffverteilung und Reservestoffhaushalt streusalzbelasteter Wiener Alleebäume.</p> <p>ZECHMEISTER-BOLTENSTERN Sophie: Biologische Stickstoffixierung und Stickstoffmineralisation in Böden Österreichs.</p> <p>ZVACEK Liselotte: Mikronährstoffe und toxische Metalle an Waldstandorten.</p>

1989	BACHMANN Gert Andreas: Physiologische Aktivitäten von Wurzeln in ihren Wechselwirkungen mit dem wurzelnahen Bodenbereich. HÜBLER Karl: Mineralstoff- und Ionenhaushalt von Fichten. LECHNER Ilse Maria: Anwendung statistischer Methoden zur Charakterisierung und Unterscheidung von Phytotypen des Kalium-, Calcium- und Magnesiumstoffwechsels. PESCOLLER Gertrud: Mineralstoff- und Ionenhaushalt von Buchen unterschiedlich immissionsbelasteter Waldgebiete Österreichs. RICHTER Andreas Anatol: Osmotisch wirksame Inhaltsstoffe in einheimischen Mistelarten und ihren Wirten.
1990	LINHER Otto Eugen: Die Bedeutung des Gehaltes freier Substanzen im Boden unter besonderer Berücksichtigung der Wechselwirkung Wurzel-Rhizosphäre-Boden. THONKE Barbara Christina: Zur Rolle der Cyclite D-Pinit und ID-1-0-Methyl-Mucosin in Höheren Pflanzen.
1991	ECKER Sonja G.: Die Aufnahme von Hexachlorbenzol durch den Ölkürbis (<i>Cucurbita pepo</i> var. <i>citrullina</i> f. <i>styriaca</i> Greb.).
1992	SCHLAGER Margarethe: Die Umsetzung umweltrelevanter Lehrinhalte im naturwissenschaftlichen Unterricht einer Höheren Schule.
1993	FELDL Christa Maria: Vorkommen und Funktion von Hydroxyprolin-Isomeren in Höheren Pflanzen.
1996	SPADINGER Klaus Christian: Kurz- und längerfristige Änderungen von Bioaktivität und Stoffumsetzung in stadtnahen Buchenwaldböden in Zusammenhang mit Schadstoffkonzentrationen im Regenwasser. STOCKHAMMER Katrin: Niedermolekulare Organische Substanzen im Boden eines Rotbuchenbestandes (<i>Fagus sylvatica</i>) und ihre Eignung als bodenökologische Diagnostika.
1997	SMEJKAL Günter: Bodenenzyme, Bodenatmung und substratinduzierte Respiration im biologischen und konventionellen Gemüsebau.

An dieser Stelle sei auch zweier KINZEL-Schüler gedacht, die ihre Doktorarbeiten mit viel Enthusiasmus begannen, aber unvollendet lassen mussten, da sie durch tragische Unfälle ums Leben kamen. Hannes SPÖRL starb in der zentralen Sahara bei Ain Salah 1977 an den Folgen eines Hitzschlags, als er nach einer Autopanne Hilfe holen wollte. Er sollte in seiner Dissertation bislang unbekannte organische Säuren in Fabaceen identifizieren. Alfred KOHUT war 1980 Opfer eines Autounfalls in Wien. Seine Dissertation sollte die Ursachen der Weinchlorose auf chemisch-physiologischer Basis aufklären, die in den 70er Jahren die Existenz zahlreicher Winzer im Osten Österreichs bedrohte.

Es spricht für die Feinfühligkeit und Pietät KINZELS über die Schranken des Todes hinweg, dass er beide Fragen, deren Klärung ihn als neugierigen Wissenschaftler sicher brennend interessierte, danach nicht wieder aufgegriffen hat.

Diplomarbeiten	
1988	GEMEINHARDT Günther jun.: Bodenbiochemische Parameter eines NH_4NO_3 gedüngten Bodens mit und ohne Bewuchs im Gefäßversuch.
1989	BERGER Walter: Vergleichende Untersuchungen zum Kalium- und Calciumgehalt einer Crassulaceae (<i>Kalanchoe daigremontiana</i>) und einer Poaceae (<i>Zea mays</i>).
1993	ALI Tharwat Kamel Mohamed: Low Molecular Organic Substances in Different Soils in Relation to their Influence on Substrate Induced Respiration. ARNDORFER Michaela: Stickstoff-Umsätze in Böden von Nadelforsten mit nitrophiler Unterwuchsvegetation.

1994	GIRSCHICK Bettina: Einfluss von Walddüngung auf mikrobielle Umsetzungsprozesse im Boden eines Fichtenwaldes. STOCKHAMMER Katrin: Saisonale Änderung von Aminosäuregehalten und begleitenden bodenbiologischen Kennwerten im Wurzelbereich von Rotbuchen. ZAMPACH Peter: Niedermolekulare Organische Substanzen in oberirdischen und unterirdischen Organen sowie im Wurzelsubstrat verschiedener Pflanzenarten.
1996	AICHINGER Stefanie: Der Einfluss von Pflanzen auf die mikrobiologische Aktivität von Bodenaggregaten.

Hausarbeiten	
1973	LEW Ilonka, geb. MITTERER: Das Gepräge des Stoffwechsels in panaschierten Blättern.
1976(?)	WEBER Maria: Pflanzen an Serpentinstandorten.
1978	HAAS Renate: Unterscheiden sich die Komponenten einer Pflanzenassoziation bezüglich ihres Mineralstoffwechsels?
1979	RÖSSNER Hugo: Der Ionenhaushalt von Crassulaceen.
1980	MÜLLER Elisabeth: Physiologische Grundlagen der Kälteresistenz von Pflanzen.
1981	RISS Alarich: Physiologisch-chemische Faktoren der Resistenz höherer Pflanzen gegen Schadorganismen.
1983	CHYTIL Kurt: Versuch einer Vereinheitlichung der bekannten Torfprofile österreichischer Moore als Grundlage zur Erstellung regionaler Moorentwicklungstypen.
1984	KELLNER Edith: Pflanzenphysiologische Aspekte des Waldsterbens.
1985	STUMMER Dorothea: Veränderungen der Stromlandschaft im Stadtbereich von Wien seit 1970 an ausgewählten Kartenbeispielen.
1986	KAGERER Klaus: Mineralstoffhaushalt von Waldbäumen. Zur Bedeutung der Mineralstoffe in der Diskussion um das Waldsterben. KARNER Peter: Überblick über die Synökologie der Moorgesellschaften Mitteleuropas.

Anschrift:

Univ.-Prof. Dr. Marianne POPP, Department für Chemische Ökologie und Ökosystemforschung der Universität Wien. Althanstraße 14, 1090 Wien. E-Mail: Marianne.Popp@univie.ac.at.

