

trometer mußte die Seitenkette des Steroids eine CH_3CO -Gruppe sein. Diese Ergebnisse ließen ein im Ring C hydroxyliertes 4,6-Pregnadien-3,20-dion vermuten.

Eine 11β - und 12α -Stellung für die OH-Gruppe war ausgeschlossen, weil solche Steroide in Pyridin/Acetanhydrid kein Acetat bilden. Durch Vergleich der IR-Spektren von 11α -Hydroxy-4,6-pregnadien-3,20-dion und vom Naturprodukt konnte auch die 11α -Stellung ausgeschlossen werden. Schließlich ergab das Studium der Absorptionsdaten, die Heller^[3] für mehrere hydroxylierte Progesterone angibt, für das Cybister-Steroid die Struktur eines 12β -Hydroxy-4,6-pregnadien-3,20-dions (1). Wir nennen dieses neue Insektensteroid, von dem der Käfer über 1 mg speichern kann, Cybisterol. Daneben findet man in den Prothorakalwehrdrüsen in Spuren noch das 21-Hydroxy-4,6-pregnadien-3,20-dion (2), das nach der dünnenschicht-chromatographischen Isolierung spektroskopisch identifiziert wurde.

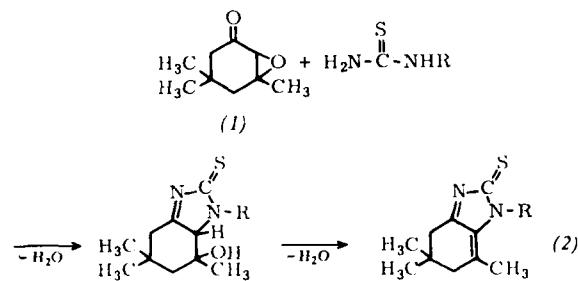
Eingegangen am 8. November 1967 [Z 643]

[*] Prof. Dr. H. Schildknecht und Dipl.-Chem. W. Körnig
Organisch-Chemisches Institut der Universität
69 Heidelberg, Tiergartenstraße

[1] XXX. Mitteilung über Arthropoden-Abwehrstoffe. — XXIX. Mitteilung: H. Schildknecht u. D. Hotz, Angew. Chem. 79, 902 (1967); Angew. Chem. internat. Edit. 6, 881 (1967). — Die Untersuchungen wurden ermöglicht durch Beihilfen der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Herrn Dr. M. Molina, Facultad de Química U.N.A.M., danken wir für die Führung bei einer Sammeltour.

[2] H. Schildknecht, R. Siewert u. U. Maschwitz, Liebigs Ann. Chem. 703, 182 (1967).

[3] K. Heller, Z. Naturforsch. 14b, 300 (1959).



sprechende Umsetzungen von Cyclohexenepoxiden sind bekannt^[3].

Beim Erwärmen äquimolarer Mengen (1) und Thioharnstoff in Methanol (2 Std., 70 °C) bildet sich jedoch das 5,5,7-Trimethyl-2,4,5,6-tetrahydrobenzimidazol-2-thion (2), R=H, Nadeln aus Methanol, Fp = 189–190 °C, Ausbeute 70 %.

Monosubstituierte Thioharnstoffe ließen sich ebenfalls umsetzen, z.B. 1-Phenylthioharnstoff zu (2), R = Phenyl, Kristalle vom Fp = 125–127 °C (aus Essigester), 1-Naphthylthioharnstoff zu (2), R = α -Naphthyl, Fp = 178–180 °C. Bei Verwendung von Thiosemicarbazid bildet sich ein Aminoderivat (2), R = NH₂, Nadeln aus Essigester, Fp = 163 bis 164 °C. Dicyandiamid oder Harnstoff reagierten nicht zu den entsprechenden 2-Imino- bzw. 2-Oxo-Derivaten.

Das schwach acide H-Atom der NH-Gruppe in (2), R = H, kann durch Erhitzen mit NaNH₂ in inerten Lösungsmitteln durch Na ersetzt werden. Die angegebene Konstitution stimmt mit dem IR-Spektrum und dem chemischen Verhalten überein. Verbindungen dieses neuen Typs können als Antimetabolite von Interesse sein.

Eingegangen am 25. Oktober 1967 [Z 651]

[*] Dr. H.-D. Dell
Troponwerke, Chemische Abteilung
5 Köln-Mülheim, Berliner Straße 220–232

[1] S. Mitteilung über methylsubstituierte Cyclohexanderivate. — 4. Mitteilung: K.-H. Boltze u. H.-D. Dell, Arzneimittelforsch., im Druck.

[2] R. Ketcham u. V. P. Shah, J. Chem. Engng. Data 11, 106 (1966).

[3] C. C. J. Culvenor, W. Davies u. N. S. Heals, J. chem. Soc. (London) 1949, 278.

5,5,7-Trimethyl-2,4,5,6-tetrahydrobenzimidazol-2-thione, eine neue Gruppe von Benzimidazolderivaten^[1]

Von H.-D. Dell^[*]

In Zusammenhang mit Untersuchungen über das Dihydroisophoron versuchten wir das entsprechende Epoxid (1) in die Episulfidverbindung zu überführen. Die Umwandlung von Epoxiden in S-Analoga gelingt mit Thioharnstoff^[2], ent-

VERSAMMLUNGSBERICHTE

Zweite internationale Tagung über Brennstoffzellen

vom 19. bis 23. Juni 1967 in Brüssel

Etwa 350 Wissenschaftler nahmen an dieser von der belgischen Forschungsvereinigung S.E.R.A.I. (Société d'Etudes, de Recherches et d'Applications pour l'Industrie) vorbereiteten Tagung teil. Sie kamen aus 22 Ländern und vertraten 190 Firmen und Institute. Dies zeigt, daß die Brennstoffzelle als direkter Erzeuger elektrischer Energie aus chemischer Energie nichts von ihrer Faszination verloren hat. Aber auch die Problematik ist nicht kleiner geworden, die mit der direkten elektrochemischen Oxidation, insbesondere der kohlenstoffhaltigen Brennstoffe, verknüpft ist. Der folgende Bericht gibt eine Auswahl der insgesamt 55 Vorträge.

1. Untersuchungen zum Reaktionsablauf

In porösen Elektroden findet der Umsatz des Reaktionsgases in der Nähe der Elektrolytmeniskus statt, die sich in den Poren der Elektrode bilden. Ob der Reaktionsweg über eine Adsorption an der trockenen Porenwandung, Oberflächen-

diffusion zum elektrolytgefüllten Teil der Pore und anschließenden Ladungsaustausch oder aber über die Diffusion durch einen etwa 1 μ dicken Elektrolytfilm oberhalb des sichtbaren Meniskus vor Adsorption und Ladungsdurchtritt verläuft, kann bisher nicht generell beantwortet werden. F. G. Will (General Electric Comp., Schenectady, USA) hat zur Klärung das vergrößerte Modell eines Meniskus mit Elektrolytfilm studiert. Er überdeckte eine 40 cm lange plan und horizontal liegende Platinfolie (die Porenwandung) mit einer 0,5, 1 oder 2 mm dicken Elektrolytschicht, dem vergrößerten Elektrolytfilm. Über den schwefelsauren Elektrolyten strich Wasserstoff als Reaktionsgas. In die Elektrolytschicht tauchten im Abstand von 2 cm platierte Platin spitzen als Bezugselektroden ein. Das gab die Möglichkeit, die Spannung und über den Widerstand zwischen den benachbarten Platin spitzen für jeden Bezirk die Konzentrationsänderung zu messen. Die Widerstandsänderungen während der anodischen Oxidation waren um Größenordnungen kleiner als die berechneten. Die Ursache wurde in der mit

Pigmentteilchen nachgewiesenen und auf Gradienten der Oberflächenspannung beruhenden Konvektion gefunden. Außerdem erfolgt ein zusätzlicher Wassertransport über die Gasphase. Das ergab sich sehr eindrucksvoll, wenn die Flüssigkeitsoberfläche mit einer Teflonfolie abgedeckt und so der H_2O -Transport stärker als der H_2 -Transport gehemmt wurde. – Die mathematische Ableitung der Polarisationskurve mit Grenzstrom führte zu einer guten Übereinstimmung mit dem Experiment. Da die Kurven an halbgetauchten Elektroden und an technischen Gasdiffusions-elektroden die gleiche Charakteristik zeigten, folgerte Will, daß im Modell eine gute Nachbildung der Porenfunktion vorliegt, d.h. daß ein „Filmmechanismus“ abläuft.

Die Beeinträchtigung von Elektrodenprozessen durch Adsorptionsschichten wurde in vielen Vorträgen erörtert. So wird die Oxidation des CO in alkalischer Lösung durch die ab +800 mV (gegen die reversible H_2 -Elektrode) stabile O-Adsorptionsschicht auf Platin-elektroden behindert.

Wie H. Binder, A. Köhling und G. Sandstede (Battelle-Institut, Frankfurt) zeigen konnten, ist im Gegensatz zur Sauerstoff-Belegung die Schwefel-Belegung an Platin schon im Bereich des H_2 -Potentials stabil. Potentiodynamisch aufgenommene Stromkurven zeigen die Oxidation der Schwefel-Belegung zu SO_2 in Kalilauge bei +450 mV (70 °C), in verdünnter Schwefelsäure bei +650 mV (70 °C) und in konzentrierter Phosphorsäure bei +550 mV (150 °C). Poröse Elektroden mit Raney-Platin als aktiver Komponente erhielten durch Eintauchen in H_2S -haltige Lösung eine definierte S-Belegung. Bei einem Gasdruck von 0,6 atü wurden die Elektroden vom Reaktionsgas schwach durchströmt. Das S-Sorbat beeinflußt die Äthylen-Oxidation in verdünnter Schwefelsäure und die CO-Oxidation in alkalischer Lösung nur unwesentlich, dagegen wird die CO-Oxidation in saurer Lösung beschleunigt. Wenn beim S-Bedeckungsgrad 1 in 44 N H_3PO_4 bei 155 °C und mit dem Gemisch $CO:H_2O = 1:1$ gearbeitet wurde, erhöhte sich der Oxidationsstrom sogar um den Faktor 5. Mit gesättigten Kohlenwasserstoffen in Säure und ungesättigten Kohlenwasserstoffen in Lauge verringerte sich dagegen die Reaktionsgeschwindigkeit etwa proportional mit dem S-Bedeckungsgrad. Das unterschiedliche Verhalten des Kohlenmonoxids und der gesättigten und ungesättigten Kohlenwasserstoffe fand bisher keine Deutung.

Als Maß der Brauchbarkeit eines Elektrokatalysators wird häufig der Austauschstrom pro Flächeneinheit einer Elektrode angegeben. Auch für pulverförmige, im Elektrolyten befindliche Katalysatorpulver läßt sich nach den Ausführungen von G. Richter (Siemens AG., Erlangen) der Austauschstrom bestimmen, wenn man für gute elektrische Kontakte zwischen den Partikeln und einer Ableitelektrode sorgt. Der Austauschstrom wurde aus der Anfangstromspannungskurve berechnet und auf die Menge des Katalysators bezogen. Die spezifische Oberfläche in m^2/g und die der Oberfläche proportionalen Größen, wie die Doppelschicht-Kapazität und die Chemisorptionskapazität, sind nur brauchbar beim Vergleich innerhalb desselben Grundmaterials. Für ungesintertes Raney-Nickel wurden je nach der Herstellung und Nachbehandlung für die Chemisorptionskapazität zwischen 0 und +10 mV 0,3 bis 0,54 A·s/g und für den spezifischen Austauschstrom 0,2 bis 1,7 A/g gefunden. Die entsprechenden Werte für Platin-schwarz waren 0,8 A·s/g und 8 A/g.

M. Bonnemay, G. Bronvel, E. Levart und G. Pessler (Laboratoire d'Electrolyse du CNRS, Mondon-Bellevue, Frankreich) untersuchten den Einfluß der Struktur von Katalysator-metallen auf ihre Aktivität. Die Abstände der Platinatome im Gitter wurden durch Anlegen einer Zug- oder Druckspannung verändert und die Reaktionsgeschwindigkeit der Wasserstoffoxidation gemessen. Bei 50 mV Überspannung konnte an einer Platinprobe, die unter mechanischer Spannung stand, ein viermal größerer Strom beobachtet werden als an einer entspannten Probe. Danach lag es nahe, die äußere Spannung durch eine innere zu ersetzen und die Struktur durch Zulegierung kleiner Konzentrationen fremder Elemente zu stören. Durch Zusatz von 0,5 % Si zu Platin erreicht man eine strukturelle Härtung. Eine solche Probe erwies sich als

wesentlich aktiver, wenn sie von 1000 °C abgeschreckt wurde, als nach langsamer Abkühlung. Der Zusatz von Legierungselementen hat aber immer auch gleichzeitig einen elektronischen Einfluß.

2. Niedertemperatur- und Mitteltemperatur-Zellen

Eine effektive Gaselektrode haben H. P. Landi, W. A. Barber, J. D. Voorhies und R. G. Haldeman (American Cyanamid Comp., Stamford, USA) aus mit Katalysator belegter Kohle und Teflon als Binder erhalten. Das besondere ist die Verwendung von faserförmigem Teflon (5 Gew.-%), das der Elektrode eine hohe mechanische Festigkeit bei guter Flexibilität verleiht. Die neue Struktur hat sich als H_2/O_2 - und als Luft-Elektrode bewährt. Bei 25 °C war in der Kathode Platin aktiver als Palladium und Palladium-Silber. Mit 1,1 mg Pt pro cm^2 Elektrodenfläche wurde in Kalilauge bei 20 mA/cm² und Luft als Oxidationsmittel eine Elektroden-spannung von -0,06 V und bei -100 mA/cm² von -0,21 V (gegen Hg/HgO-Elektrode) gemessen.

Für die Stromversorgung von Ballonen, die in großer Zahl aufgelassen und periodisch von einem Satelliten befragt werden sollen, entwickeln J. Lemaignen und Ph. Demange (Compagnie Française Thomson Houston -Hotchkiss Brandt, Frankreich) Wasserstoff-Sauerstoff-Batterien, die über 6 Monate eine durchschnittliche Leistung von 80 mW abgeben sollen. Eine stoßweise höhere Belastung wird durch einen parallel geschalteten Nickel-Cadmium-Akkumulator ermöglicht. Austauschermembranen mit fluoriertem Kationenaustauscher sollen die verlangte Lebensdauer erreichen. Wegen der extremen Druck- (unter 350 mbar) und Temperaturbedingungen (bis -60 °C) wird die Batterie in einen Stahlzylinder eingebaut und thermisch isoliert. Es wird ein Gesamtgewicht von 1800 g erwartet. Der O₂-Vorrat ist in einer 0,8 l - Druckflasche untergebracht, die zur Erzielung einer Gewichtersparnis aus glasfaserverstärktem Gießharz besteht. Die entsprechende H₂-Flasche faßt 1,6 l.

Wie A. Winsel (Varta AG., Frankfurt) erläuterte, benutzt die Varta zum Aufbau von H_2/O_2 -Zellen Doppelskelett-Katalysatorelektroden, bei denen Raney-Nickel als aktive Komponente in der Anode und Raney-Silber oder nach einem Spezialverfahren niedergeschlagenes Silber in der Kathode enthalten sind. In 50-W-Batterien, die bei 50–60 °C betrieben werden, sind einseitig arbeitende Elektroden eingebaut. Für höhere Leistungen werden zweiseitig belastbare Januselektroden bevorzugt, die nach der Stapelung mit Epoxidharz vergossen werden. Druckelektrolyse mit Ventilelektroden sollen die Gasverluste von Zellen bei langen Standzeiten ausgleichen. Auch eine Gaserzeugung durch katalytische Zersetzung von Hydrazin, Boranat oder Peroxid ist mit Hilfe von Januselektroden möglich, die inaktive feinporige Deckschichten und eine katalytisch wirksame Mittelschicht haben.

P. Dubois und J. Jacquelain (Compagnie Générale d'Electricité, Marcoussis, Frankreich) stellten in ihrem Vortrag eine 1-kW-Batterie für Wasserstoff und Sauerstoff vor. Die Moduln sind aus 12 doppelseitigen Elektroden aufgebaut, die aus Nickel und Silber (33 Gew.-%) gesintert sind. 32 Moduln bilden die Batterie. Bei der Arbeitstemperatur von 55 °C wird die Nennleistung erreicht. Die Zellen allein wiegen 70 kg. Sie sind jedoch nicht optimiert. Jetzt wird versucht, die 2 mm starken Sinterelektroden durch solche geringerer Stärke zu ersetzen. Dabei soll der Ag-Gehalt auf einige Prozent reduziert werden.

H. J. R. Maget (General Electric Comp., Lynn, USA) beschrieb luftgetriebene Zellen mit Ionen-austauschern-membranen, auf die beidseitig edelmetallhaltige Elektroden aufgepreßt sind. Als Membranmaterial wird ein Polymer aus sulfuriertem α,β,β -Trifluorstyrol verwendet, da wesentlich oxidationsbeständiger als das früher verwendete sulfurierte Styrol ist. Es ist bei 70 bis 90 °C noch chemisch beständig. Die Kathode ist mit 10 % Teflon hydrophobiert. Dadurch perlert das gebildete Wasser ab, das nicht sofort von der vorbei-

strömenden Luft aufgenommen werden kann. Die Luft heizt sich an der Elektrode auf, so daß die Zirkulation durch einen Schornsteineffekt begünstigt wird. Der Wirkungsgrad beträgt 50 %. Die Stromdichte kann 120 mA/cm² erreichen. Eine Brennstoffzellenbatterie mit einer Nennleistung von 300 W ist 8000 Stunden bei einer Belastung mit 15 W gelauf.

3. Zellen mit gelöstem Brennstoff

W. Vielstich (Universität Bonn) teilte die Katalysatoren für die anodische Hydrazin-Oxidation in drei Gruppen. Die Raney-Metalle bewirken ein negativeres Potential als das der Wasserstoffelektrode und liefern beim Wasserstoffpotential schon einen meßbaren Strom. Edelmetalle wie Platin stellen das Wasserstoffpotential ein, während Silber, Gold und Aktivkohle erst bei sehr positiven Potentialen zu anodischen Strömen führen. – Man kann für die Hydrazin-Oxidation zwei Mechanismen diskutieren. Nach dem einen bildet sich ein Mischpotential, nach dem anderen erfolgt vor dem Ladungsdurchtritt die katalytische H-Abspaltung. Der Versuch, aus der Analyse des bei einer bestimmten anodischen Stromstärke entwickelten Gases zu einer Entscheidung zu kommen, blieb erfolglos. Die Störung der O₂-Kathode durch Hydrazin konnte dagegen mit einer O₂/N₂H₄-Mischelektrode erklärt werden.

H. H. von Döhren, D. Sparbier und G. Wolf (Varta AG., Kelkheim) erinnerten daran, daß Skelettnickel unterhalb 80 °C für die Beschleunigung der Methanol-Oxidation untauglich ist. Dagegen erhält man mit Platin auf Carbylnickel als Träger in 8 N KOH bei 18 mA/cm² eine Zellenspannung von 0,4 V. Eine 55-W-Batterie enthält 15 elektrisch in Reihe geschaltete Zellen mit silberkatalysierten O₂-Elektroden. Januskathoden erlauben einen höheren O₂-Druck, etwa 1 atü. Dadurch ist eine Leistungssteigerung möglich. Während Formaldehyd an dem beschriebenen Katalysator sehr schnell reagiert, reichert sich das Zwischenprodukt Formiat während der Entladung im Elektrolyten an und wird erst mit abnehmender Methanol-Konzentration umgesetzt.

Auch *M. Futterer, H. G. Plust und C. G. Telschow* (Brown Boveri & Cie., Baden, Schweiz) haben in Methanol-Batterien Platin auf porösem Nickel als Anode gewählt, als Kathode dagegen eine hydrophobierte Kohle-Luftelektrode. Die Selektivität dieser Elektrode für die O₂-Reduktion wurde so verbessert, daß die Selbstentladung nur noch einem Strom von 18–20 µA/cm² entspricht. Langzeitbelastungen von 20-W-Methanol-Luft-Batterien wurden mit 1 bis 5 mA/cm² durchgeführt. Die Wärmeisolation der Batterien läßt Außentemperaturen bis –30 °C zu.

4. Zellen mit geschmolzenem Carbonat als Elektrolyt

Wenn Al₂O₃ mit einem Li₂CO₃-Überschuß auf 650 °C erhitzt wird, entsteht ein Schmelzelektrolyt mit Lithiumaluminat als Matrix, der nach *A. Salvadori, M. Louichon und C. Lebras* (Gaz de France, La Plaine Saint-Denis, Frankreich) bedeutende Vorteile gegenüber den bisherigen pastenförmigen Elektrolyten hat. Auch bei dieser hohen Betriebstemperatur läßt sich Erdgas nicht direkt, sondern erst nach Reformierung oxidieren. In der Anode ist Nickel der aktive Bestandteil. Auf der Kathodenseite verhindert das dem aktiven Silber zugemischte Kupferoxid die unerwünschte Kornvergrößerung. Die Löslichkeit des O₂ interessiert wegen des dadurch ermöglichten chemischen Kurzschlusses auch in Schmelzelektrolyten.

M. Schenke und G. H. J. Broers (C.T.I.-T.N.O., Amsterdam, Holland) gelang die analytische Bestimmung durch amperometrische Titration mit festem Na₂SO₃. Bei 700 °C und 1 atm Sauerstoff werden in Alkalicarbonat-Gemischen 0,4 × 10^{–6} mol O₂/cm³ gefunden. Im Verlauf von Studien der Kathodenkorrosion wurde die Löslichkeit von Silber und Kupferoxid bestimmt und auch rechnerisch abgeschätzt. Die Löslichkeit des Ag⁺-Ions ist etwa 4 × 10^{–5} g/cm³ bei 700 °C

und stimmt etwa mit dem errechneten Wert überein. Die CuO-Löslichkeit ist kleiner als die von Ag⁺, aber höher als es der Abschätzung entspricht.

5. Brennstoffzellen mit Reformer

W. Frie (Siemens AG., Erlangen) hat die thermodynamischen Gleichgewichte berechnet, die bei der Erzeugung von Wasserstoff durch Umsatz von Methanol mit Wasserdampf existieren können. Folgende Komponenten wurden in die Betrachtung einbezogen: H₂, CH₄, CH₃OH, CH₂O, HCOOH, CO₂, CO, H₂O, (CH₃)₂O und Ruß. Die Selektivität eines Katalysators kann durch die thermodynamischen Rechnungen nicht erfaßt werden. Die Kurven, die ohne Berücksichtigung von Methan und Ruß erhalten werden, geben jedoch die experimentellen Werte befriedigend wieder.

M. Prigent, C. Dezael und O. Bloch (Institut Français du Pétrole, Rueil-Malmaison, Frankreich) haben die direkte Methanol-Oxidation mit der Oxidation nach vorgesetzter Dampfreformierung verglichen. Mit Kupferchromit und Ferrit als Katalysator konnten schon bei 200 °C vollständige Umsätze des Methanols erzielt werden. Dank der niedrigen Reaktionstemperatur liegt der CO-Gehalt im Reformat zwischen 0,2 und 0,8 %. Den Autoren erscheint ein Wirkungsgrad von 70 % für den Reformer, von 60 % für die Brennstoffzelle und damit von etwa 40 % für die gesamte Anlage bei einem Gewicht von 30 kg/kW erreichbar. Dagegen kommt die direkte Methanol-Zelle bei einer Zellenspannung von 0,4 V nur auf einen Wirkungsgrad von etwa 30 % und ein Gewicht von etwa 33 kg/kW. Auch der Vergleich der in den Anoden aufzuwendenden Platinmengen fällt zu Gunsten der Zelle mit Reformer aus.

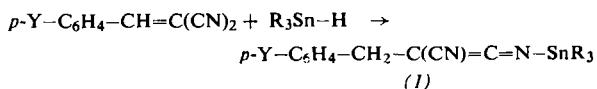
F. L. Gray (Texas Instruments Inc., Dallas, USA) hat die Dampfreformierung und die partielle Oxidation als vorbereitende Prozesse vor dem Einleiten des Brennstoffgases in die Zellen mit eutektischer Carbonatschmelze und Oxid-Matrix studiert. Die neuen Zellen mit zweiseitigen Kathoden leisten 20 mW/pro cm². Eine 500-W-Batterie ist an einen Propan-Reformer angeschlossen. Die partielle Oxidation von Benzin soll in einer 1-kW-Brennstoffzellen-Anlage erprobt werden. Eine Lebensdauer der Batterie von 1000 h scheint erreichbar. Die Anlaufzeit aus dem kalten Zustand beträgt 40 min, der Gesamtwirkungsgrad 15 %. [VB 99]

Neuere Ergebnisse in der organischen Chemie des Zinns und Bleis

Von *W. P. Neumann* [**]

Die neue Entwicklung der organischen Chemie des Zinns ist gekennzeichnet durch überraschende Reaktionsmöglichkeiten, besonders der Verbindungen mit Sn–H-, Sn–N- und Sn–O-Gruppen. Das Interesse verlagert sich mehr und mehr auf die Anwendung zinnorganischer Verbindungen für Synthesen in der organischen Chemie und das Studium der Reaktionsmechanismen [1].

Die lange Sn–H-Bindung (1,70 Å) ist nicht stark polar, wohl aber stark polarisierbar. Dies bedingt drei Reaktionstypen: Mit einer *Hydrid-Übertragung* beginnt die glatte 1,4-Addition zu N-Stannylketeniminen (1), Y = z.B. –NR₂, –OR, –H, –Cl, –NO₂, die sich mit zahlreichen Verbindungen ROH, RX und R–COX umsetzen:



Radikalisch verlaufen zahlreiche Hydrostannierungen. Die Sn–H-Gruppe erweist sich dabei als sehr starker Radikal-fänger: