

Cadmium-Untersuchungen im Bereich von Umwelt-, Boden- und Sorteneinflüssen bei Tabak sowie der Cadmium-Übergang in den Zigarettenrauch

Josef A. Schmidt, Ernst-Dieter Fischbach und Franz Burkart

Landesanstalt für Pflanzenbau und Tabakforschung Forchheim, Kutschenweg 20, D-7512 Rheinstetten 4, Bundesrepublik Deutschland

A Study of the Influences of Environment, Soil and Varieties on Cadmium Contents in Tobacco and of Cadmium Transfer into Cigarette Smoke

Summary. The results as outlined in this paper are based on a 10-year-investigation by the Tobacco Research Institute, Forchheim. Emissions into the environment may lead to higher Cd-content of tobacco and other crops. Geological soil conditions may influence the soil/plant – Cd-transfer. Genetically dependent variety differences in Cd-uptake can be found in field as well as in greenhouse experiments. A comparison between domestic and foreign leaf tobaccos showed Cd-levels at the same order of magnitude. Analyses of German cigarette brands (with and without filter) demonstrated that $0.05 \mu\text{g}$ Cd/cigarette are transferred from cigarette tobacco into the mainstream smoke, corresponding to a mean transfer rate of 5.1%.

Zusammenfassung. Die in dieser Arbeit angeführten Ergebnisse basieren auf zehn Jahre dauernden Untersuchungen der staatlichen Tabakforschung Forchheim: Emissionen in die Umwelt können bei Tabak wie bei allen anderen Kulturpflanzen zu höheren Cadmium (Cd)-Gehalten führen. Geologische Bodenverhältnisse können den Cd-Transfer Boden/Pflanze beeinflussen. Genetisch bedingte Sortenunterschiede in der Cd-Aufnahme wurden sowohl im praktischen Tabakanbau als auch in speziellen Vegetationsversuchen nachgewiesen. Vergleiche zwischen in- und ausländischen Rohtabaken ergaben Cd-Gehalte in der gleichen Größenordnung. Eine Überprüfung repräsentativer Marken des deutschen Zigarettenangebotes (Filter- und Strangzigaretten) erbrachte $0.05 \mu\text{g}$ Cd/Zigarette als mittleren Transfer „Zigarette/Hauptstromrauch“, was einem mittleren Cd-Transfer von 5,1% entspricht.

Offprint requests to: J. A. Schmidt

Einleitung

Cadmium in der Umwelt ist in zunehmendem Maße Gegenstand umfassender Untersuchungen geworden [1–4]. Das veranlaßte uns seinerzeit, gezielte Untersuchungen zum Themenkreis „Cadmium und Tabak“ zu beginnen. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß Tabak in mehrfacher Hinsicht eine Sonderstellung im Pflanzenreich einnimmt, die im folgenden kurz erläutert wird:

Tabak als großblättrige, wärmeliebende und schnellwachsende Sommerpflanze hat in Mitteleuropa eine durchschnittliche Entwicklungsdauer von insgesamt 175 Tagen. Die Blätternte findet in der Zeit vom 15. 7.–10. 9. statt.

Die Tabakpflanze besitzt die stärkste bisher bekannte Reproduktionskraft. Tabak gehört in die Gruppe der Kulturpflanzen, deren Blätter nicht abwaschbar sind. Nach der Ernte werden die Blätter getrocknet, fermentiert, gelagert und dann später verarbeitet. Durch die Trocknung auf ca. 12% Wassergehalt erhöht sich der Schwermetallgehalt um den Faktor 8, bezogen auf die Frischsubstanz (Tabelle 3). Da Blätter allgemein einen hohen Mineralstoffgehalt aufweisen, der sich in einem hohen Ascheanteil der Trockensubstanz auswirkt (z. B. Tabak = 17,2%, Weißkohl = 20,8%, Kresse = 24,3% u. a.), können ihre Cd-Gehalte nicht mit denen von Früchten, Knollen oder Samen (z. B. Äpfel = 1,4%, Kartoffeln = 3,8%, Roggenkörner = 2,1% u. a.) verglichen werden. Die Zigaretten, deren Marktanteil unter den Tabakwaren heute in Deutschland 90% beträgt, bestehen in ihren Tabakmischungen aus bis zu vierzig Tabaken verschiedener Herkunft. Dies gestattet, trotz jahrgangsbedingter Schwankungen, denen Tabak als Naturprodukt unterliegt, den jeweiligen Geschmackstyp einer Marke und deren Qualitätsstandard aufrechtzuerhalten. Statistisch gesehen wurden 1981 in der Bundesrepublik Deutschland von einem Zigarettenraucher ca. zwanzig Zigaretten täglich geraucht. Der inländische Tabakanbau deckt ca. 5% des Tabakbedarfs der Bundesrepublik.

Ein entscheidender Unterschied zu sonstigen Pflanzen, Lebensmitteln etc. besteht darin, daß Tabak fast ausschließlich geraucht wird. Daher interessieren letztlich den Verarbeiter und den Konsumenten die Cd-Übergänge in den Hauptstromrauch, d. h. der Cd-Anteil, den der Raucher aufnehmen könnte. Daten hierüber sind bislang nur spärlich vorhanden [5].

Es erschien uns daher wichtig, in systematischen, nunmehr zehn Jahre dauernden Untersuchungen die Umwelt-, Boden- und Sorteneinflüsse in getrockneten Rohtabaken deutscher und ausländischer Herkunft zu bestimmen, Analysen an repräsentativen deutschen Zigarettenmarken durchzuführen und den Cd-Transfer in den Hauptstromrauch zu bestimmen.

Material und Methoden

1 Untersuchungsmaterial: Boden, Rohtabake und Zigaretten

Bodenproben nach den Vorschriften des VDLUFA [6] aus dem Pflanzboden der für weitere Untersuchungen vorgesehenen Pflanzen entnehmen. Für Vegetations- und Bioindikatorversuche wurde Forchheimer Boden (humoser Sand) verwendet. Vegetationsversuche in Gefäßen nach Kick mit jeweils einer Pflanze, die Bioindikatorversuche zur Kontrolle der Umweltemissionen in großen Eternitkübeln mit jeweils drei Pflanzen. Bioindikatorversuche mit den Sorten „Beltsville W3“ und „Bursana“. Versuche mit Cd-belasteten Böden im Freiland nach spezieller Aufbringung Cd-haltiger Erden durchführen. Proben aus Forchheimer Vegetations- und speziellen Feldversuchen mit den Varietäten Geudertheimer Zigarrentabak), Burley und Virgin (Schneidegut), bzw. aus dem baden-württembergischen Tabakanbau mit den Varietäten Geudertheimer und Burley. Die ausländischen Rohtabakproben standen aus anderweitigen Untersuchungen zur Verfügung. Ferner untersuchten wir deutsche Zigarettenmarken, sieben Marken mit Filter und drei filterlose (sog. Strangzigaretten).

2 Cadmium-Bestimmungen

2.1 in Böden

Böden bis 1981 mit 2 *n*-HCl aufschließen [6]. Seither erfolgte der Aufschluß nach der geänderten LUFA-Methode mit Königswasser (DIN-Norm in Vorbereitung). Cd-Bestimmung mittels flammenloser Atomabsorptionsspektroskopie (AAS). (verwendete Meßgeräte: Varian AA 6 bzw. AA 775 mit Untergrundkompensation). Messungen in einem Tantalbeschichteten Graphitrohr. Auswertung der AAS-Messungen sowohl nach der Standard-Additionsmethode als auch unter Verwendung von externen Standards. Alle Meßergebnisse auf lufttrockenen Boden beziehen.

2.2 in Rohtabaken und Zigarettenmischungen

Aus einer repräsentativen Menge von Rohtabaken bzw. von 140 Zigaretten/Marke pro Untersuchungsgang (3-fach-Bestimmung) je 2–10 g lufttrockener Tabak in der Quarzapparatur nach Büchi mit H₂SO₄/HNO₃ veraschen. Anschließend Filtration und Auffüllung auf ein Volumen von 25–50 ml. Cd-Bestimmung wie unter 2.1 beschrieben durchführen. Meßergebnisse auf trockenen Tabak beziehen (ca. 12% Wassergehalt).

2.3 im Rauchkondensat

Vor dem Abrauchen, DIN 10240 [7], die Prüfzigaretten selektionieren und nach DIN 10244 [8] konditionieren. Pro Zigarettenmarke in drei Abrauchgängen je 20 Zigaretten abrauchen und das Kondensat elektrostatisch bei ca. 27–18 kV in der Rauchfalle niederschlagen. Rauchkondensate mit einem Gemisch von 50 ml Methanol und 2 ml HNO₃ (ρ 1,4) aus der Rauchfalle herauslösen und in die Quarzapparatur überführen. Nach Abdampfen des Methanols mit H₂SO₄/HNO₃ aufschließen, auf 25 ml auffüllen. AAS-Messung wie unter 2.1. Cd-Gehalte auf das Trockenkondensat je Zigarette beziehen.

3 Bestimmung der Transferraten

3.1 Boden|Pflanze (Cd-Entzug)

Bei der praktischen Berechnung der Transferrate (prozentualer Cd-Anteil des Bodens, der in das Erntegut der Pflanze übergeht) geht man von dem Erfahrungswert aus, daß 1 mg Cd/kg Boden = 3 kg Cd/ha entsprechen. Bei den Proben des praktischen Anbaus der Jahre 1981 und 1982 wurden die Ertragsgewichte von der Erntestufe Hauptgut des betreffenden Ortes eingesetzt. Diese lagen im Schnitt

für Geudertheimer bei ca. 1080 kg/ha, für Burley bei ca. 960 kg/ha. Für Überschlagsrechnungen kann man mit 1000 kg/ha bei beiden Sorten rechnen.

3.2 Cd-Übergang, Tabak|Hauptstromrauch von Markenzigaretten

Bestimmt wurde der prozentuale Cd-Anteil der Tabakmischung, der beim Abrauchen von Zigaretten in das Hauptstromrauchkondensat übergeht. Maschinelles Abrauchen nach DIN 10240. Alle zum Abrauchen der Zigaretten aufgeführten Angaben beziehen sich auf µg/Zigarette.

Ergebnisse

1 Umwelt, landwirtschaftlicher Bereich

1.1 Tabak als Bioindikatorpflanze

Die über drei Jahre durchgeführten Untersuchungen, deren Ergebnisse in Tabelle 1 zusammengefaßt sind, zeigen hinsichtlich der Cd-Gehalte der Blätter große Unterschiede, je nach Standort der Pflanzen. Hohe Cd-Gehalte bis maximal 4,6 mg/kg wurden in industriennahen Gebieten festgestellt, während in rein landwirtschaftlichen Gebieten Werte um 0,2 mg/kg ermittelt wurden. In Großstädten erhöhen sich die Cd-Werte bis auf 2 mg/kg. Diese standortbedingten Umwelteinflüsse während der Vegetationszeit muß man beim kommerziellen Tabakanbau berücksichtigen; eine exakte Bewertung ist allerdings heute noch nicht möglich.

Tabelle 1. Bestimmung der Umwelteinflüsse mit Tabak als Bioindikatorpflanzen. – 3 Vegetationsperioden 1975–77, Zusammenfassung der Minimal- und Maximalwerte für Cadmium in Baden-Württemberg

Standorte	Sorte	Cd-Gehalte (mg/kg)	
		Min.	Max.
1975			
5 Standorte Bavendorf, landw. Gebiet Mannheim, Friesenheimer Insel, Industriegebiet	Beltsville W 3	0,2	4,6
1976			
24 Standorte, Raum Karlsruhe, Karlsruhe-Rüppur, Stadt- gärtnerei Karlsruhe Rondellplatz	Bursanica 217	0,2	2,0
1977			
29 Standorte im Großraum Karlsruhe, Offenburg, Frei- burg, Heidelberg, Mannheim und Stuttgart Stuttgart Hauptbahnhof Mannheim, Friesenheimer Insel	Bursanica 217	0,4	4,5

1.2 Untersuchungen an Cd-haltigen Böden, Auswirkungen auf die einzelnen Tabakvarietäten

Die Ergebnisse haben wir in zwei Tabellen zusammengefaßt. Bei zunehmenden Cd-Gehalten in den Böden (Tabelle 2) erhöhen sich auch die Cd-Gehalte des Erntegutes deutlich, wie auch die der restlichen Pflanzenteile: Wurzeln, Stengel und Blütenstand, bei diesen al-

Tabelle 2. Ergebnisse spezieller Freilandversuche nach künstlicher Aufbringung Cd-haltiger Erden. – Bestimmung der Cd-Gehalte der Böden und die Cd-Aufnahme bei Tabak (Sorte: Bad. Geudertheimer)

Parzellen	Boden ^a	Erntegut	Restpflanze
	Cd mg/kg	Cd mg/kg	Cd mg/kg
Kontrolle, normaler Boden	0,13	3,3	0,8
Zusätzlich 12 cm Cd-haltige Erde	5,9	8,1	1,2
Zusätzlich ca. 40 cm Cd-haltige Erde	36,8	19,6	3,9

^a Bodenextraktion mit 2 n-HCl

Tabelle 3. Cadmiumaufnahme von Tabak bei steigenden Cd-Bodengehalten und zwei unterschiedlichen Boden-pH-Werten. – Vegetationsversuche, Sorte Bad. Burley E

Cd-Gehalte der Bodenmischung mg/kg	Boden-pH-Wert	Cd/Gefäß/Pflanze mg	Blättertrag/Pflanze g	Blätter Cd-Gehalte mg
0,52	5,5	1,978	58,8	0,029
2,5	5,5	10,030	50,7	0,059
5,0	5,5	20,948	46,6	0,245
10,0	5,5	37,233	44,1	0,366
20,0	5,5	68,042	38,5	0,567
0,52	7,3	1,978	55,5	0,026
2,5	7,3	10,030	44,6	0,060
5,0	7,3	20,948	38,4	0,217
10,0	7,3	37,233	39,6	0,334
20,0	7,3	68,042	34,4	0,532

lerdings nur um 1/5 gegenüber den Blättern. Ebenfalls zeigen die Ergebnisse im Rahmen der Vegetationsversuche (Tabelle 3), daß die Tabakpflanze im allgemeinen sehr deutlich auf die Cd-Gehalte des Bodens reagiert, unabhängig von dessen pH-Wert. In weiteren Vegetationsversuchen wurde der sortenabhängige Transfer Boden/Pflanze (Boden/Erntegut) bei hoher Cd-Bodenbelastung in neutralem, lehmhaltigen Boden geprüft. Bezüglich der Cd-Aufnahme bei den drei in Deutschland angebauten Tabakvarietäten haben wir Unterschiede festgestellt, nämlich abnehmenden Entzug in der Reihenfolge Geudertheimer (Zigarrentabak), Virgin und Burley. Diese Ergebnisse wurden veröffentlicht [9].

1.3 Rohtabake aus dem baden-württembergischen Tabakanbau, Transferraten, Vergleichswerte

Im Rahmen eines Forschungsprogramms der Landesregierung von Baden-Württemberg wurden ab 1979 jährlich größere Mengen von Pflanzertabaken und der zugehörigen Böden auf ihre Cd-Gehalte untersucht. Die Ergebnisse für das Hauptgut sind in Tabelle 4 zusammengefaßt.

1979 wurden 149 Tabakproben aus dem badischen Anbaugebiet der Varietäten Geudertheimer (Südbaden und Kraichgaugebiet: sandiger Lehm oder Lehm-boden) und Burley (Nordbaden: lehmiger Sand oder Sandboden) untersucht. Die Ergebnisse zeigten, daß der Landesdurchschnitt der Cd-Gehalte bei 0,9 mg/kg liegt (ca. 70% der Proben). Die Tabake mit höheren Cd-Gehalten stammen sowohl aus den Anbaugebieten in Industrienähe, z. B. Raum Mannheim, als auch aus rein ländlichen Gebieten, die keine nachweisbaren Umweltkontaminationen aufwiesen. In den folgenden Jahren wurden die Untersuchungen mehr auf die Tabakanbauorte mit höheren Cd-Gehalten in den Böden ausgerichtet und zusätzlich auf das württembergische Anbaugebiet ausgedehnt. In einzelnen Fällen wurde

Tabelle 4. Cd-Gehalte von Inlandstabaken (Geudertheimer- und Burley-Varietäten, Erntestufe: Hauptgut) aus dem baden-württembergischen Tabakanbau

Jahrgang	Probenzahl	Verteilung der Cd-Werte nach der Lufttrocknung (mg/kg)					Bereiche (mg/kg)		MW
		0,0–0,5	0,51–1,0	1,01–2,0	2,01–3,0	>3,0	Min.	Max.	
		1979	57	46	34	9	3		
Landes-MW Baden		38,3%	30,9%	22,8%	6,0%	2,0%	0,08	4,4	0,92
1980	40	7	16	9	7	1			
Ausgewählte Orte mit höheren Cd-Werten		17,5%	40,0%	22,5%	17,5%	2,5%	0,23	4,0	1,18
1981	39	9	14	12	3	1			
Ausgewählte Orte analog 1980		23,1%	35,9%	30,8%	7,7%	2,5%	0,25	3,38	1,04
1982	40	–	2	19	14	5			
Ausgewählte Orte analog 1980		–	5,0%	47,5%	35,0%	12,5%	0,80	4,63	2,18

Tabelle 5. Anbaupraxis 1981 und 1982, verschiedene Standorte. – Bestimmung der Transferraten Boden/Pflanze (Erntestufe: Hauptgut)

Verteilung der Transferraten bei 62 Tabakproben					
	n.n.–0,5%	0,51–1,0%	1,01–2,0%	2,01–3,0%	>3,0%
Geudertheimer Sorten					
Probenzahl	27	11	16	4	4
%	43,6	17,7	25,8	6,5	6,4
Bereich 0,07–4,75% MW: 1,06%					
Verteilung der Transferraten bei 16 Tabakproben					
	n.n.–0,5%	0,51–1,0%	1,01–2,0%		
Burley Sorten					
Probenzahl	10	3	3		
%	62,5	18,8	18,7		
Bereich 0,13–1,06% MW: 0,47%					

Tabelle 6. Cd-Gehalte von Rohtabaken wichtiger Importländer

Land	Sorte	mg Cd/kg
Bulgarien	Kleinblättriger Orient	0,48
Bulgarien	Großblättriger Orient	1,40
Griechenland	Virgin	0,48
Italien	Zigarrentabak	1,73
Türkei	Orient	2,98
USA	Zigarrentabak	2,48
USA	Zigarrentabak	4,35
USA	Virgin	0,38
Brasilien	Zigarrentabak	0,90
Columbien	Zigarrentabak	1,92
Dominikanische Republik	Zigarrentabak	1,93
Paraguay	Zigarrentabak	0,47
Peru	Zigarrentabak	0,38
China	Virgin	0,48
Java	Zigarrentabak	0,60
Korea	Burley	0,57
Philippinen	Virgin	0,58
Sumatra	Zigarrentabak	1,18
MW Zigarrengut	1,6 mg/kg	
MW übrige Varietäten	0,9 mg/kg	
MW Gesamt	1,24 mg/kg	

ein Anstieg der Cd-Gehalte und damit auch des Cd-Mittelwertes im Erntegut registriert.

Für die Ernten der Jahre 1981 und 1982 wurde mit Hilfe der ermittelten Bodenwerte der Cd-Entzug bzw. die Transferrate für das Hauptgut bestimmt (Tabelle 5). Die Cd-Bodenwerte lagen für beide Jahrgänge im Bereich von 0,01–0,03 mg Cd/kg Boden sehr niedrig und überschritten in keinem Fall die für die jeweilige Anbauregion bekannten Mittelwerte [10] für Ak-

kerböden. Die ermittelten Transferraten oder Bodenentzüge betragen für Geudertheimer 1,06% und für Burley 0,47%. Dies bedeutet, daß von 300 g Cd im Boden/ha (bezogen auf 0,1 mg Cd/kg Boden) durch die Blattmasse des Hauptgutes (lufttrocken) von ca. 1 t/ha dann 3 g Cd durch Geudertheimer-Tabake und 1,5 g Cd durch Burley-Tabake dem Boden entzogen werden. Diese Unterschiede bestätigen auch den Trend der sortenabhängigen Cd-Aufnahme, der unter [9] beschrieben wird, nach dem die Zigarrentabake eine etwas höhere Cd-Aufnahmefähigkeit besitzen als die Burley-Tabake.

Neben Bodenunterschieden bestehen auch betriebstechnische Verschiedenheiten: Im allgemeinen sind die Burley-Tabake anbauenden Betriebe mehr auf den Tabakbau spezialisiert und erhalten die Bodenfruchtbarkeit durch Gründüngung. Die Geudertheimer-Tabake anbauenden Betriebe dagegen betreiben in den meisten Fällen noch Viehwirtschaft und düngen ihre Tabakfelder zur Vorfrucht mit Stallmist. Die mineralische Düngung jedoch ist für beide Tabakvarietäten identisch.

Mustertabake aus unserem Archiv wiesen folgende Cd-Gehalte auf:

Herkunft	Jahr(e)	mg Cd/kg Tabak	MW
Hattingen	1945	4,5	
Forchheim	1953–56	0,9–1,4	1,2

In Tabelle 6 sind die Cd-Gehalte von Rohtabaken wichtiger Importländer zusammengefaßt. Auch hier zeigt sich ein abnehmender Trend in den Cd-Gehalten von Zigarrentabaken zu den helleren Virgin-, Burley- und Orient-Tabaken, d. h. von 1,6 mg auf 0,9 mg Cd/kg Tabak.

Den Kressetest, nach Moewus [11], haben wir dazu benutzt, schnelle Trendaussagen über pflanzenverfügbare Schwermetalle in Böden zu erhalten. So wurden bereits nach 11 Tagen bei einer Bodenkonzentration von 0,24 mg Cd/kg Boden im Ernteanteil der Kressetrockenmasse 0,70 mg Cd/kg bestimmt. Bei einer Bodenkonzentration von 46,0 mg Cd/kg erhöhte sich der Wert auf 7,38 mg Cd/kg Kressetrockenmasse. Bei dieser hohen Bodenkontamination konnte eine Wachstumsdepression der Kresse festgestellt werden. Eine entsprechende Wachstumsdepression ist auch bei der Tabakpflanze festzustellen.

2 Zigarettenarten, Rauchübergänge

In Tabelle 7 werden die Cd-Gehalte der Mischungen von zehn marktgängigen Zigaretten (im Handel Sept./Okt. 1981 gekauft), zusammengefaßt. Die Ergebnisse zeigen Unterschiede im Cd-Gehalt der einzelnen Mischungen, die um den Faktor 3 variieren können. Die

Tabelle 7. Bestimmung der Rauchübergänge von Cadmium, ermittelt bei 10 deutschen Zigarettenmarken. – F=Filterzigarette, O=Strangzigarette

Nr.	Art	Angaben je Zigarette		
		µg Cd i. d. Tabak- mischung	µg Cd im Rauch- kondensat	Cd- Rauchübergang %
1	F	1,22	0,03	2,5
2	F	1,06	0,04	3,8
3	F	0,48	0,03	6,3
4	F	1,59	0,05	3,2
5	F	0,90	0,06	6,7
6	F	1,25	0,08	6,4
7	F	1,03	0,04	3,9
8	O	1,04	0,04	3,8
9	O	0,98	0,08	8,2
10	O	0,65	0,04	6,2
MW		1,02	0,05	5,1

Cd-Gehalte der Rauchkondensate liegen in einem Bereich von 0,03–0,08 µg/Zigarette (MW 0,05 µg). Die Transferraten „Zigarettenabak/Hauptstromrauch“ liegen damit in einem Bereich von 2,5% bis 8,2% (Mittelwert 5,1%).

3 Technologische Anwendung

Untersuchungen der Cd-Verteilung in den Blattspreiten und Hauptrippen ergaben, daß letztere nur halb so viel Cd enthalten. Handelsübliche Folien bzw. Bandtabake weisen Cd-Gehalte von 0,2 bis 0,5 mg Cd/kg Tabak auf (Mittelwert 0,4 mg Cd/kg).

Diskussion

Alle Ergebnisse zusammengefaßt betrachtet zeigen, daß die Tabakpflanze hinsichtlich Cd empfindlich auf Umwelteinflüsse und pflanzenverfügbare Cd-Bodengehalte reagiert, jedoch wenig auf pH-Wert-Unterschiede des Bodens anspricht. Zur schnellen Ermittlung der Pflanzenverfügbarkeit von Cd in Böden, Anzuchtterden etc. hat sich der Kresstest gut bewährt. Im Schnitt betragen die Cd-Gehalte des badischen Erntegutes ca. 0,9 mg Cd/kg Tabak. Vergleicht man die in Deutschland angebauten Tabakvarietäten Geudertheimer, Virgin und Burley, so sind hinsichtlich der Intensität der Cd-Aufnahme (Boden/Pflanze-Transfer) Unterschiede festzustellen. Geudertheimer-Tabak weist einen höheren Cd-Entzug auf als Burley-Tabak. Diese sortencharakteristische Verschiedenheit, von uns in Gefäßversuchen ermittelt, ist im baden-württembergischen Anbau bei den Varietäten Geudertheimer und Burley deutlich erkennbar. Zusätzlich wirken sich auch Unterschiede in den Böden und der Be-

triebsweise aus. Im Vergleich zu Archivmustern aus der Zeit von 1955–56 haben sich im Schnitt die heutigen Cd-Werte von Tabak aus dem praktischen Anbau nicht erhöht, wie aus den Ergebnissen von 1979 bis 1982 hervorgeht. Die gleiche Tendenz der Sortenspezifität wurde auch bei Tabaken eines Weltsortiments festgestellt; der Gesamt-MW dieser Proben lag bei 1,2 mg Cd/kg Tabak. Bisher von uns durchgeführte Untersuchungen mit den in Deutschland bei Tabak gebräuchlichen mineralischen Handelsdüngern erbrachten keine signifikanten Hinweise hinsichtlich einer Erhöhung der Cd-Aufnahme des Tabaks, was durch allgemeine Untersuchungen [12] bestätigt wird. Ein wichtiger Teil unserer Untersuchungen befaßte sich mit den Cd/Rauch-Übergängen, also mit der Transferrate „Zigarettenabak/Hauptstromrauch“ bei Markenzigaretten. Andere Autoren, die den Cd-Transfer in den Hauptstromrauch auf Literaturbasis ermittelten [13] oder die behaupteten, daß die Cd-Transferrate in den Hauptstromrauch bis zu 17% betragen kann [14], werden durch die von uns ermittelten Ergebnisse widerlegt. Die mittlere Transferrate in den Hauptstromrauch beträgt 5,1%, sie umfaßt einen Bereich von 2,5–8,2%.

Betrachtet man in diesem Zusammenhang die durch Nahrung aufgenommene Menge an Cd nach ZEBS [15], so erkennt man, daß diese beachtlich ist, aber auch je nach Jahrgang sehr schwanken kann. So betrug die tägliche Cd-Aufnahme aus der Nahrung im Jahr 1979 30 µg [15 a] dagegen im Jahr 1975 das Doppelte, nämlich 65 µg [15 b]. Auf der Basis unserer Ergebnisse wäre aber bei Zugrundelegung eines durchschnittlich täglichen Konsums von 20 Zigaretten nur mit einer aufnehmbaren Cd-Menge in der Größenordnung von 1 µg/Tag zu rechnen; ein, wie wir meinen, geringer Wert im Vergleich zu dem aus der Nahrungsaufnahme.

In neuerer Zeit werden häufig Ergebnisse einer Inhalationsstudie [16] zitiert und mit dem Rauchen in Zusammenhang gebracht. Bei dieser Studie wurden Ratten täglich 23 Std mit einem Cd-Chlorid-Aerosol (drei Konzentrationsbereiche: 12,5; 25; 50 µg CdCl₂/m³ Luft) über die Gesamtlebenszeit exponiert. Bei den anschließend durchgeführten pathologischen Untersuchungen wurden unter anderem auch Lungentumore entdeckt. Daraus nun einen Zusammenhang mit dem Rauchen zu folgern, erscheint uns auf dem Hintergrund unserer Ergebnisse wenig plausibel, da bei Extrapolation auf den Menschen unter Zugrundelegung eines täglichen Atemvolumens von 20 m³ die obigen Dosen jeweils ca. 5000, 10000 bzw. 20000 gerauchten Zigaretten pro Tag entsprächen, wobei die in allen Organen insgesamt aufgetretenen Gesamttumorzahlen (34, 35, 35) in den drei Tierbehandlungsgruppen konstant sind.

Seit geraumer Zeit werden bei der Zigarettenherstellung auch Tabakrippen verwendet, was zu einer Verminderung der Cd-Gehalte der Produkte führen kann. Bei der Folienherstellung ist mit einem „Auswaschungseffekt“ zu rechnen, der sich sowohl auf die Rippen- als auch auf die Blattspaltenanteile auswirkt. Damit deutet sich eine weitere Möglichkeit zur Verminderung der Cd-Gehalte in Tabakwaren an.

Literatur

1. Underwood EJ (1977) Trace elements in human and animal nutrition, Academic Press, New York
2. EEC-Report EUR 5697 (1978) Cadmium criteria (Dose-effect relationships), Pergamon Press, Oxford
3. Schmidt JA (1981) Cadmium-Anhörung 2.-4. 11. 1981, Berlin, Protokoll, C4 56-60
4. Schmidt JA (1983) Tabakforschung und Umweltschutz. In: Der Dtsch Tabakbau 8:92
5. Scherer G, Barkemeyer H (1983) Cadmium Concentration in Tobacco and Tobacco Smoke. *Ecotoxicol Environ Safety* 7:71-78
6. VdLUFA (1955) (Verband der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalten) Handbuch d. landwirtschaftl. Versuchs- und Untersuchungsmethodik, Bd. I, Untersuchung von Böden, Melsungen
7. DIN 10240: Untersuchungen von Tabak und Tabakerzeugnissen, Maschinelles Abrauchen von Zigaretten und Bestimmung des Rauchkondensats; Teil 1: Anforderungen an eine analytische Rauchmaschine, Berlin, 4/78; Teil 2: Abrauchverfahren, Berlin, 2/82; Teil 3: Bestimmung des Rohkondensates und des nikotinfreien, trockenen Rauchkondensats, Berlin, 4/78
8. DIN 10244: Untersuchung von Tabak und Tabakerzeugnissen; Klima zum Konditionieren und Prüfen, Berlin, 10/83
9. Isermann K, Karch P, Schmidt JA (1983) Cadmium-Gehalt des Erntegutes verschiedener Sorten mehrerer Kulturpfl. bei Anbau auf stark mit Cd belastetem neutralem Lehm Boden. In: *Landwirtschaftl. Forschung, Sonderheft 40, Kongreßbd. 283-294*
10. Landesanstalt f. Umweltschutz (1983) Zweiter Qualitätsbericht, Baden-Württemberg, Karlsruhe
11. Moewus F (1949) Die Wirkung von Wuchs- und Hemmstoffen auf die Kressewurzel. *Biol Zbl* 68:58-72
12. Sauerbeck D, Rietz E (1980) Zur Cadmiumbelastung von Mineraldüngern in Abhängigkeit von Rohstoff u. Herstellungsverfahren. *Landwirtschaftl. Forschung, Sonderband: 685-696*
13. Müller G (1979) Schwermetallgehalte (Cd, Zn, Pb, Cu, Cr) im Tabak häufig in der BR Deutschland gerauchter Zigaretten. *Chemiker-Zeitung* 4:133-137
14. Schenker D (1983, 1984) Betrachtungen zum Cadmiumgehalt von Tabakerzeugnissen. *Lebensmittelchem Gerichl Chem* 37:127-128; *Forum Städte-Hygiene* 35:17-18
15. ZEBS. Zentrale Erfassungs- und Bewertungsstelle für Umweltchemikalien, Bundesgesundheitsamt, Berlin, a) 1979, b) 1975
16. Takenaka S, Oldiges H, König H, Hochrainer D, Oberdörster G (1983) Carcinogenicity of cadmium chloride aerosols in W. rats. *JNCI* 2, Vol 70:367-373

Eingegangen am 3. September 1984

Angenommen am 28. September 1984