

Aus der Hauptabteilung
Umweltschutz und Arbeitshygiene
des VEB Chemiekombinat Bitterfeld
(Leiter der Hauptabteilung: Dr. K.-L. Enders)

Bisherige Untersuchungen zur Getreidequalität im Industrieraum Bitterfeld

Von Hubert Krüger
Mit 5 Abbildungen und 2 Tabellen
(Eingegangen am 10. August 1978)

1. Problemstellung

Im Industriegebiet um Bitterfeld werden seit Jahrzehnten staub- und gasförmige Stoffe emittiert, die in Abhängigkeit von der Eigenart des betreffenden Schadstoffs, der Konzentration, Einwirkungszeit, Wetterlage und Windrichtung die Pflanzenvegetation unterschiedlich beeinflussen. Die Existenz mehrerer Kohlekraftwerke in unserem Raum führt zu einer hohen Belastung mit Schwefeldioxid und Flugasche. Über die Ergebnisse der Staubsedimentationsmessungen im Bezirk Halle haben Hammje und Schiller (1971) berichtet. Die damalige Belastung betrug teilweise das Mehrfache der hygienisch zulässigen Grenzkonzentration von 15 g/m² Sedimentationsstaub. Durch Umstellung des Bitterfelder Kohlekraftwerkes auf eine andere Energieform sind die Belastungen durch Flugasche und SO₂ rückläufig. Nach Enders und Peklo (1974) werden 1980 nur noch 20–30 % der 1971 gemessenen Staubsedimentation vorliegen. Die SO₂-Belastung ist nach Hammje und Rauh (1971) besonders nördlich und nordwestlich von Wolfen sowie östlich und nordöstlich von Bitterfeld hoch. Die gemessenen Belastungen durch Stickoxide liegen nach den gleichen Autoren unterhalb des MIK-Wertes (MIK = Maximale Immissionskonzentration).

Die räumliche Ausbreitung der Schadstoffe ist von der jeweiligen Windrichtung zum Zeitpunkt der Emmission abhängig. Die langjährige Hauptwindrichtung im Raum Bitterfeld ist WSW. Im Untersuchungsjahr 1975 bildete W die Hauptrichtung mit einem Anteil von 14,6 % an der Gesamtwindverteilung.

Die chronische Immissionsbeeinflussung der Pflanzen ist in den Einzugsgebieten der Hauptwindrichtungen am stärksten. Jedoch können ebenso kurzzeitige akute Immissionsbelastungen für empfindliche Pflanzen gefährlich werden.

Empfindliche Pflanzen reagieren durch Schädigung des Blattgewebes. Die Schädigungen treten hauptsächlich in Form von Blattrand- und Interkostalnekrosen auf. Gegen saure Abgase sind besonders Nadelhölzer empfindlich. Bei Wuchsstoffimmissionen kommt es zu typischen Sproß- und Blattdeformationen. Leichte Schädigungen müssen nicht unbedingt zu Ertragsbeeinträchtigungen führen.

Sichtbare Schadsymptome an Getreide als Summenwirkung aller im Bitterfelder Raum emittierten gasförmigen und festen Stoffe sind bisher nicht aufgetreten.

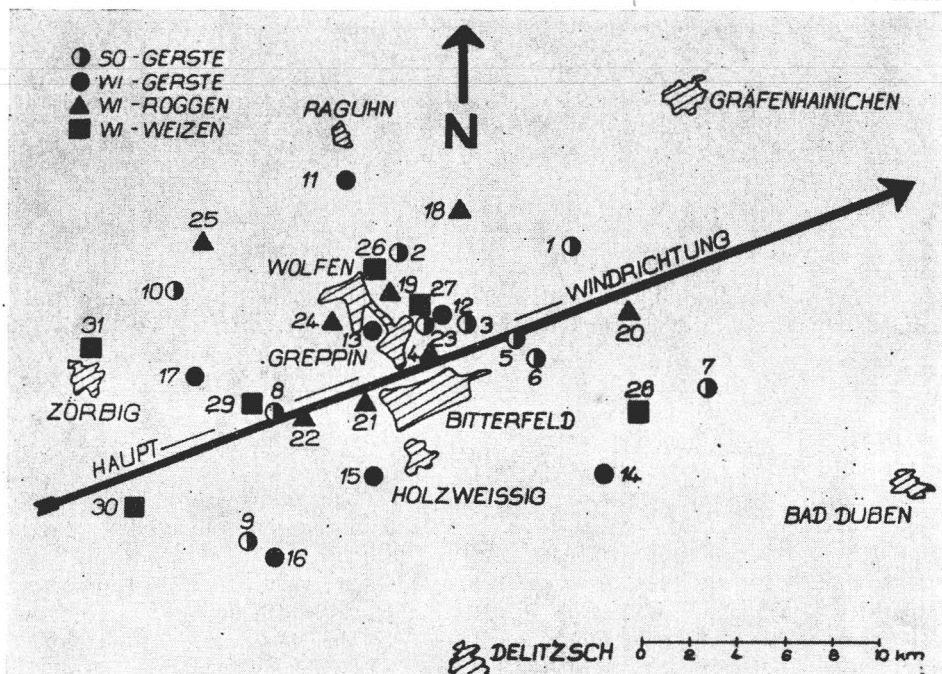
Darüber hinaus besteht das Interesse und die Notwendigkeit, eventuelle Beeinflussungen der Inhaltsstoffe zu erkennen.

Ziel dieser Untersuchungen war, die Qualität der geernteten Getreidekaryopsen von den im Bitterfelder Raum hauptsächlich angebauten Getreidearten und -sorten zu untersuchen.

2. Versuchsmethodik

Von 31 verschiedenen Standorten im Umkreis von 1 bis 12 km der Chemiebetriebe Bitterfeld/Wolfen (Abb. 1) wurden je Standort und Getreidegattung 1000 Ähren geerntet und lufttrocken gelagert.

Abb. 1



Die Auswahl der Standorte richtet sich nach dem Anbau der zu untersuchenden Getreidearten im Untersuchungsgebiet. So konnten östlich und südöstlich vom Emissionszentrum nur wenige Getreideschläge untersucht werden, weil sich in diesem Raum ausgedehnte Braunkohletagebauflächen bzw. forstlich rekultivierte Flächen befinden.

Von je 1000 Ähren aller Proben wurden die Anzahl der Körner je Ähre ausgezählt und von je zweimal 500 Körnern die Tausendkornmasse (TKM) ermittelt. Das Gesamtgewicht aller geernteten Körner je Standort konnte durch Ausdreschen der Ähren mit Hilfe eines Labordreschers festgestellt werden.

Die chemische Untersuchung auf Rohprotein, Rohfett, Kupfer, Molybdän und Mangan ist nach dem Fachbereich-Standard TGL 418 „Chemische Bodenuntersuchungsmethoden für Serienanalysen“ dankenswerterweise vom Institut für Pflanzenernährung Jena, Abteilung Halle, durchgeführt worden.

Rohprotein wurde nach Kjeldahl, Rohfett nach Soxhlet bestimmt. Kupfer und Mangan sind mit Hilfe der Atomabsorptionsspektrometrie und Molybdän photometrisch untersucht worden. Die Richtwerte für die Tausendkornmasse (TKM) und den Rohproteingehalt der untersuchten Sorten sind dem „Katalog für landwirtschaftliches Saat- und Pflanzengut 1975/76“ entnommen worden.

Tabelle 1. Standorte der Stichprobenahme im Raum Bitterfeld

Lfd. Nr. (siehe Abb. 1)	Standort	Bodenart Bodenwertzahl (Bw)	Getreideart (Sorte)	Vorfrucht	Düngung kg N/ha	Entfernung (km) vom Hauptemittenten	Wind- richtung	Anzahl Ährchen/ Ähre	1000 Ähren in g	TKM g
1	Burgkernitz	Neuland (rekultiviert)	Sommergerste (Trumpf)	Luzerne	60	8	SW	25,0	1144	45,0
2	Jefnitz	sL Bw 68	"	Sommerweizen	30	5	SSW	24,6	977	42,4
3	Greppin	S Bw 24	"	Winterroggen	80	2,5	SSW	26,1	1034	44,1
4	Greppin	L Bw 80	"	Zuckerrüben	40	1,0	SW	23,2	964	42,1
5	Mühlbeck, links	IS Bw 38	"	Winterweizen	60	5,5	W	21,8	954	43,8
6	Mühlbeck, rechts	IS Bw 28	"	Winterweizen	60	5,5	W	22,3	930	43,8
7	Rösa	S Bw 28	"	Mais	80	12,0	W	20,7	865	40,2
8	Ramsin	IS Bw 40	"	Markstammkohl	35	4,0	NE	26,6	994	41,9
9	Brehna	sL Bw 85	"	Zuckerrüben	35	8,0	NE	21,6	904	43,7
10	Löberitz	sL Bw 80	"	Zuckerrüben	30	9,5	SE	19,8	901	45,9
11	Raguhn	sL Bw 50	Wintergerste (Vogelsanger Gold)	Winterweizen	120	7,5	SSE	51,0	1704	38,9
12	Greppin	sL Bw 70	"	Winterweizen	80	2,0	W	46,0	1561	39,3
13	Bitterfeld	sL Bw 80	"	Winterroggen	80	1,0	W	49,4	1428	32,1
14	Döbern	IS Bw 30	"	Hafer	70	10,0	NW	45,2	1535	36,4
15	Roitzsch	IS Bw 35	"	Winterweizen	100	4,5	NNE	49,9	1601	32,9
16	Brehna	sL Bw 67	"	Winterweizen	80	8,5	NE	44,9	1619	42,0
17	Großzöberitz	sL Bw 82	"	Winterweizen	80	7,5	ENE	51,0	1813	39,6
18	Altjefnitz	IS Bw 35	Winterroggen (Danae)	Winterroggen	90	5,5	SSW	49,6	1414	30,0
19	Greppin	S Bw 25	"	Wintergerste	80	2,0	SSW	54,8	1805	35,7
20	Schlaitz	S Bw 25	"	Winterroggen	100	10,0	WSW	47,0	1498	33,0
21	Bitterfeld	S Bw 25	"	Wintergerste	80	1,0	W	57,6	2056	35,5
22	Sandersdorf	S Bw 30	"	Winterroggen	70	3,0	ENE	44,8	1365	30,6
23	Bitterfeld	S Bw 25	"	Winterroggen	70	1,0	E	51,0	1632	32,2
24	Wachtendorf ¹	IS Bw 30	"	Wintergerste	80	1,0	SE	33,7	848	28,5
25	Wadendorf	IS Bw 40	"	Mais	60	9,0	SE	50,3	1723	32,0
26	Jefnitz	sL Bw 70	Wi-Weizen (Kawkas)	Zuckerrüben	100	2,5	SSW	35,1	1728	49,6
27	Greppin	sL Bw 70	Mironowskaja 808	Kartoffeln	120	1,5	WSW	37,8	1917	53,9
28	Pouch	sL Bw 80	"	Sommergerste	160	10,0	NW	30,4	1725	49,7
29	Ramsin	S Bw 40	Kawkas	Mais	100	4,0	NE	28,9	951	42,4
30	Quetzdölsdorf	sL Bw 85	"	Kartoffeln	100	11,0	ENE	35,4	1622	50,7
31	Zörbig	sL Bw 70	Mironowskaja 808	Futterrüben	100	10,5	E	28,6	1500	51,6

¹ ausgekohlte Fläche

3. Versuchsstandorte

Entsprechend dem Anbau von Getreide im Kreis Bitterfeld und dessen Verteilung in verschiedenen Windrichtungen und Entfernungen zum Industriemittelpunkt erfolgte nach dem Gesichtspunkt der zufälligen Verteilung die Probenahme von je 1000 Ähren.

In Tab. 1 sind alle Charakteristika der Versuchsstandorte aufgeführt. Die räumliche Zuordnung zum Emittenten ist aus der Abb. 1 ersichtlich.

4. Versuchsergebnisse

4.1. Anzahl Ährchen/Ähre

In unseren Untersuchungen sind die Anzahl Ährchen/Ähre, die Tausendkornmasse und die Tausendährenmasse als Kriterium für die vergleichende Betrachtung herangezogen worden. Die Einzelwerte sind der Tab. 1 zu entnehmen.

Bei Sommergerste beträgt die durchschnittliche Anzahl Ährchen/Ähre aller Standorte 23,1. An der Spitze liegen zwei Standorte 2,5–4 km vom Emittenten entfernt (Nr. 3 und Nr. 8).

Bei Wintergerste konnte eine durchschnittliche Ährenzahl von 48,1 ermittelt werden. Die höchsten Werte erreichten die Standorte Nr. 11 und Nr. 17.

Bei Winterroggen ergibt die durchschnittliche Anzahl Ährchen/Ähre 48,6. Dieser Durchschnitt wird besonders von den Standorten Nr. 21 und Nr. 19 überschritten. Standort 24 steht diesbezüglich an letzter Stelle.

Bei Winterweizen (Mironowskaja 808) liegt die durchschnittliche Ährenzahl bei 32,3 und bei der Sorte Kawkas bei 33,1. Bei der Sorte „Mironowskaja 808“ erreicht Standort 27 (1,5 km vom Emittenten) die Spitze. Bei „Kawkas“ dominiert der vom Werk am weitesten abgelegene Standort Nr. 30 in windabgewandter Richtung.

4.2. Tausendkornmasse

Neben der Bestandesdichte und der Anzahl der Ährchen/Ähre ist die TKM ein bedeutender Teilfaktor beim Zustandekommen des Gesamtertrages pro Flächeneinheit.

Bei Sommergerste wird eine TKM von 39,3 g als normal für die Sorte „Trumpf“ zugrunde gelegt. Der auf den Teststandorten erzielte Durchschnitt beträgt 43,4 g. Dieser Wert wird bei den Stichproben aller Standorte überschritten. Die Standorte Nr. 1 und Nr. 3 liegen an erster Stelle. Standort 7 nimmt den letzten Rang ein.

Für Wintergerste soll die TKM 37,7 g betragen. Der Versuchsdurchschnitt liegt bei 37,4 g. Diese Kornqualität erreichen oder überschreiten vier der sieben untersuchten Standorte. Die in unmittelbarer Werksnähe gelegene Fläche Nr. 13 rangiert an letzter Stelle.

Der Parameterwert für die TKM des Winterroggens beträgt 31,5 g, der Versuch erbrachte ein durchschnittliches Ergebnis von 32,2 g. Bei Roggen korrelieren die höchsten TKM-Ergebnisse mit den höchsten 1000-Ähren-Erträgen (Standort Nr. 19 und 21 innerhalb der 3-km-Zone). Entsprechend niedrig liegt der Standort Nr. 24, der auch hinsichtlich Ährchenanzahl an letzter Stelle steht (ausgekohlte Fläche).

Für Winterweizen (Mironowskaja 808) wird eine TKM von 41,2 g angegeben. Der Versuchsdurchschnitt ergibt 51,7 g. Für „Kawkas“ werden 44,2 g erwartet. Der Versuchsdurchschnitt liegt bei 47,6 g.

4.3. 1000-Ähren-Ertrag

Unter Berücksichtigung der Vorfrucht und der N-Düngung werden die Druschergebnisse der 1000 entnommenen Ähren je Feldschlag gegenübergestellt.

Bei Sommergerste sind die Erträge der Standorte 1 und 3 am höchsten. Bei Stand-

ort 3 wird der hohe Ertrag mit 80 kg/ha N auch in geringer Entfernung vom Hauptemittenten erreicht, und zwar auf einem Sandboden mit der Bodenwertzahl 24. Die gleiche N-Düngung führte bei 12,0 km Entfernung auf vergleichbarem Standort 7 zu dem geringsten 1000-Ähren-Ertrag.

Die Erträge der anderen Sommergersteflächen liegen ohne wesentliche Unterschiede zwischen den genannten Extremen. Das trifft auch für die guten Standorte zu.

Bei Wintergerste ist ein gewisser Einfluß der N-Düngung auf den Ertrag zu erkennen. Beim Vergleich von Standorten mit gleicher Bodenart und N-Düngung sind die werksentfernten Standorte Nr. 16 und Nr. 17 den werksnahen Nr. 12 und Nr. 13 überlegen.

Winterroggen erbrachte auf zwei Standorten (Nr. 19 und Nr. 21), 1–2 km vom Emittenten in der Hauptwindrichtung entfernt, den höchsten Körnerertrag bei gleicher Bodenart und Bodenwertzahl, N-Düngung und Vorfrucht. Dagegen fällt der Standort Nr. 24 besonders ab, der der Hauptwindrichtung abgekehrt und auf ausgekohelter Fläche liegt.

Bei Winterweizen (Kawkas, Mironowskaja 808) ist deutlich eine Ertragsleistung vom Boden her erkennbar. Der auf Sandboden angebaute Weizen (Nr. 29) ergab den geringsten Körnerertrag. An der Spitze liegt der Standort Nr. 27, der sich 1,5 km vom Emittenten in der Hauptwindrichtung befindet.

4.4. Rohproteingehalt

Im Getreide gilt vor allem das Rohprotein (RP) als besonders wertgebender Inhaltsstoff zur Eiweißfütterung. Deshalb interessierte in unseren Untersuchungen eine eventuell standortabhängige Beeinflussung. Als Vergleich zogen wir die für die einzelnen Sorten im „Katalog für landwirtschaftliches Saat- und Pflanzgut“ 1975/76 angegebenen Rohproteinwerte heran (für die Weizensorte „Kawkas“ den Katalog 1973).

Eine für Brauzwecke vorgesehene Sommergerste sollte 12 % Rohprotein enthalten, was durch geringe Stickstoffdüngung gesteuert werden kann. Bei Verwendung als Futtergerste erwartet man von der untersuchten Sorte „Trumpf“ einen Rohproteingehalt in der Trockenmasse von 13,5 %. Im Gesamtdurchschnitt aller 10 Standortproben wurde ein Gehalt von 13,3 % ermittelt, was einer Futtergerstequalität entspricht. An der Spitze steht Standort 1 (rekultivierte Fläche) mit 15,6 % RP. Alle Einzelwerte sind der Abb. 2 zu entnehmen. Die Flächen mit den geringeren N-Gaben erreichten auch den niedrigsten Rohproteingehalt.

Der für Wintergerste normale Rohproteingehalt von 12,1 % wurde im Durchschnitt (9,9 %) nicht erreicht. Den geringsten Gehalt wiesen Standorte auf, die nicht in der Hauptwindrichtung liegen (Nr. 15, 14, 16, 17). Vorn steht der werksnahe Standort Nr. 13 (s. Abb. 3).

Der durchschnittliche Rohproteingehalt für Winterroggen soll 11,0 % betragen; der Durchschnitt der Standorte beträgt 11,1 %. Die höchsten Gehalte (14,3 % und 12,6 %) zeigten sich auf zwei Standorten (Nr. 23, 21), die etwa 1 km vom Emittenten entfernt liegen (s. Abb. 4).

Bei Winterweizen (Mironowskaja 808) wird ein Rohproteingehalt von 14,8 % und bei „Kawkas“ von 14,9 % angenommen. Unsere Durchschnitte betragen für „Mironowskaja 808“ 15,8 % und für „Kawkas“ 17,3 %. Nur ein Standort (Nr. 28) liegt knapp unter dem Durchschnitt (s. Abb. 5).

4.5. Rohfettgehalt

Für den Rohfettgehalt der verschiedenen Getreidearten und -sorten gibt es keine verbindlichen Festlegungen. Im folgenden werden deshalb die ermittelten Gehalte standortmäßig miteinander verglichen. Das gestattet relative Aussagen.

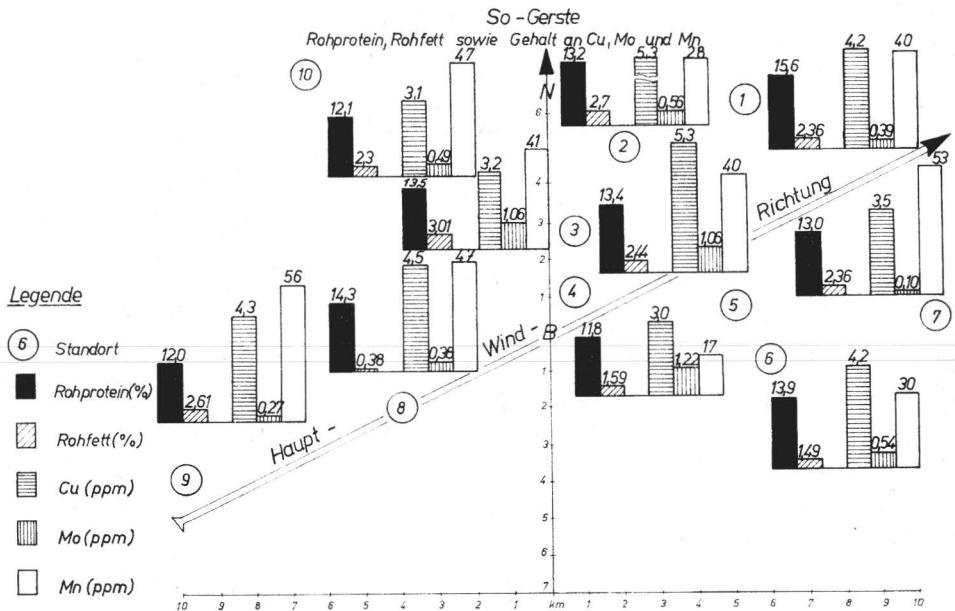


Abb. 2

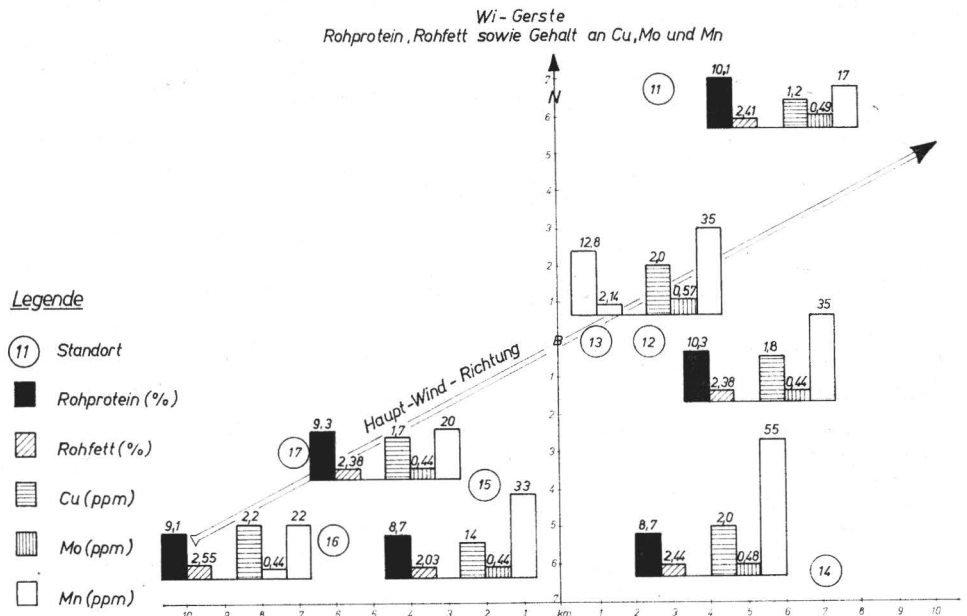


Abb. 3

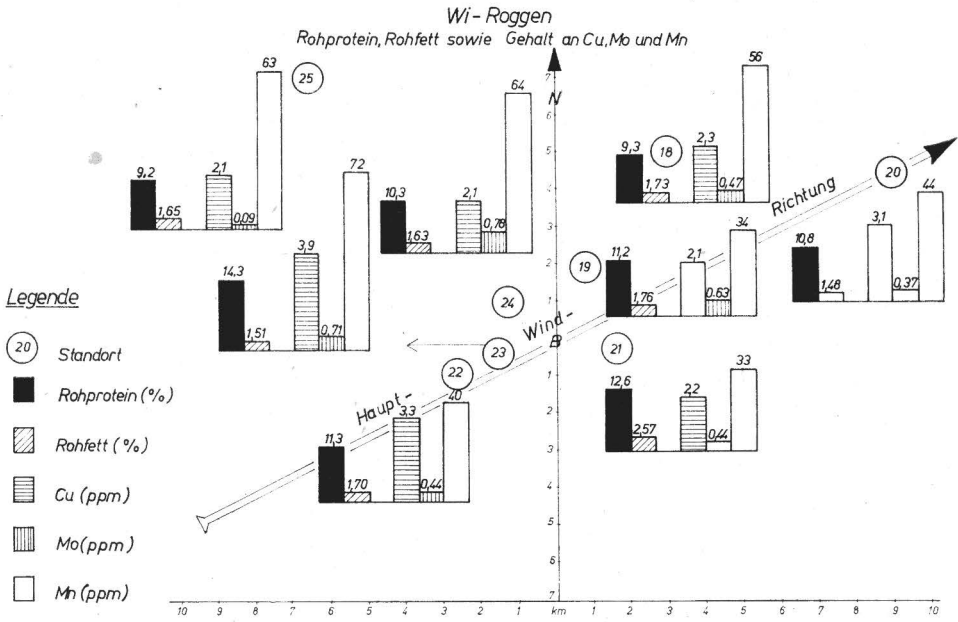


Abb. 4

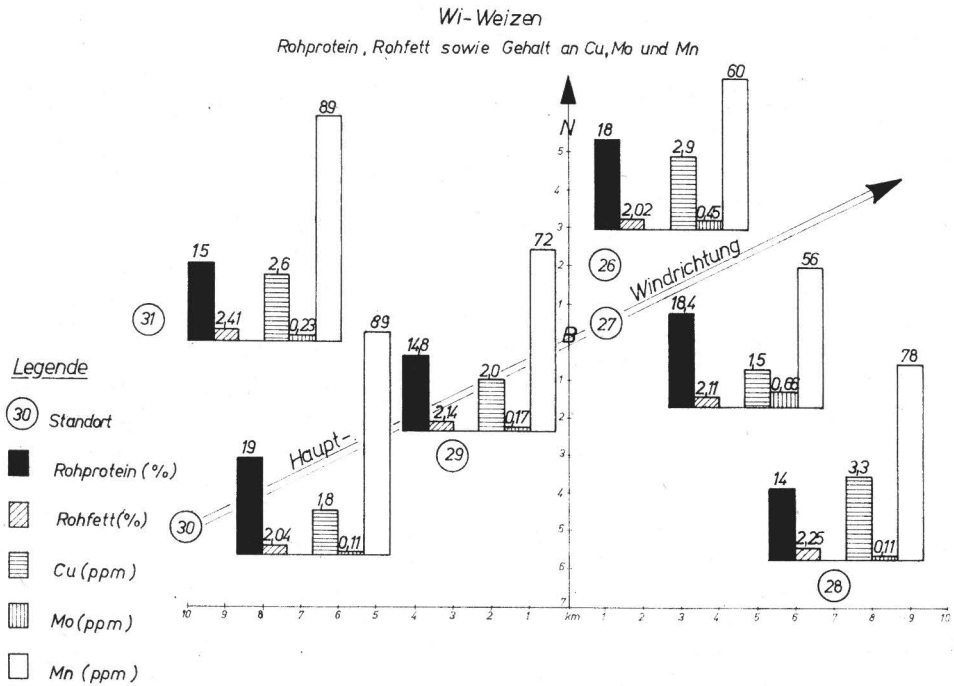


Abb. 5

Bei Sommergerste beträgt der durchschnittliche Gehalt an Rohfett 2,34 %. Der Höchstwert beträgt 3,01 % auf Standort Nr. 3 innerhalb der 3-km-Zone (Abb. 2).

Für Wintergerste ist ein durchschnittlicher Gehalt von 2,33 % ermittelt worden. Größere Abweichungen nach oben und unten traten nicht auf (Abb. 3).

Winterroggen ergab einen durchschnittlichen Gehalt von 1,75 %. Der Spitzenwert (2,57 %) wurde auf dem Standort Nr. 21 in Werksnähe gefunden (Abb. 4).

Beim Winterweizen ist hinsichtlich des Rohfettgehaltes keine starke Differenz innerhalb der beiden Sorten und der Standorte festzustellen. Für „Mironowskaja 808“ beträgt der Durchschnitt 2,26 % und für „Kawkas“ 2,06 % (Abb. 5).

4.6. Gehalt an Mikronährstoffen

Im industriebelasteten Raum ist die Emission von Spurenelementen abhängig von der Art und Menge der emittierten Stoffe (Flugasche der Kohlenkraftwerke und Emissionen von Produktionsbetrieben). In der Pflanzen- und Tierernährung kann die Versorgung mit Spurenelementen vom Mangel bis zum Überschuß bzw. zur Toxizität reichen. Die in unserem Gebiet durchgeführten Untersuchungen erstreckten sich vorrangig auf die essentiellen Elemente Kupfer, Molybdän und Mangan.

4.6.1. Gehalt an Kupfer

Bei Sommergerste schwankt der Gehalt von 3,0 bis 5,3 ppm. Die höchsten Werte zeigten sich auf den Standorten Nr. 2 und Nr. 4 2,5–5 km von Hauptemittenten (Abb. 2).

In Wintergerste sind 1,2 bis 2,2 ppm ermittelt worden. Der höchste Gehalt (2,2 ppm) ergab sich auf dem Standort Nr. 16, 8 km entgegengesetzt der Hauptwindrichtung (Abb. 3).

Bei Winterroggen differiert der Cu-Gehalt von 2,1 bis 3,9 ppm. Der höchste Wert (3,9 ppm) ist unweit der Emittenten auf Standort Nr. 23 nachgewiesen worden (Abb. 4).

Im Winterweizen betragen die Gehalte an Cu von 1,5 bis 2,6 ppm bei „Mironowskaja 808“ und von 1,8 bis 2,9 ppm bei „Kawkas“ (Abb. 5).

4.6.2. Gehalt an Molybdän

Bei Sommergerste ergab sich ein großer Schwankungsbereich von 0,10 bis 1,22 ppm Mo. Auf Standort Nr. 4 (1 km in Hauptwindrichtung) ist der maximale Wert gefunden worden. Dann folgen die Standorte Nr. 3 und 5 in einer Entfernung von 1–2,5 km vom Emittenten (Abb. 2).

Wintergerste zeigte einen relativ ausgeglichenen Gehalt von 0,44 bis 0,57 ppm Mo, wobei der höchste Wert auf Standort 13 ebenfalls in unmittelbarer Werksnähe liegt (Abb. 3).

Bei Winterroggen wurden Werte von 0,09 bis 0,78 ppm gefunden. Die höchsten Gehalte wiesen die Standorte Nr. 23 und 24, 1 km vom Emittenten entfernt, auf (Abb. 4).

Winterweizen zeigte bei „Mironowskaja 808“ einen Gehalt von 0,11 bis 0,66 und „Kawkas“ von 0,11 bis 0,45 ppm Mo. Die jeweils höchsten Werte (Standorte Nr. 26 und 27) fanden sich 1–2,5 km vom Emittenten entfernt (Abb. 5).

4.6.3. Gehalt an Mangan

Sommergerste wies einen Gehalt von 17 bis 56 ppm auf (Abb. 2). Am höchsten liegt Standort Nr. 9, 8 km vom Emittenten.

Wintergerste hatte eine Schwankung von 17 bis 55 ppm (Abb. 3). Voran steht Standort 14, 10 km vom Emittenten.

Für Winterroggen ergaben sich Werte von 33 bis 72 ppm Mn, wobei die beiden extremen Werte auf den Standorten Nr. 21 und 23 in 1 km Werksentfernung gefunden wurden (Abb. 4).

Winterweizen zeigte bei „Mironowskaja“ Mn-Werte von 56 bis 89 ppm und „Kawkas“ von 60 bis 89 ppm (Abb. 5).

5. Diskussion der Ergebnisse

Die im Raum Bitterfeld im Umkreis bis zu 12 km vom Hauptemittenten durchgeführten Stichprobenuntersuchungen auf 31 Standorten erstreckten sich auf die hauptsächlich angebauten Getreidearten Sommergerste, Wintergerste, Winterroggen und Winterweizen. Bei der Auswahl der Feldschläge mußten deren räumliche Verteilung im Untersuchungsgebiet sowie Bodenart, Düngung und Vorfrucht berücksichtigt und in die Gesamtbetrachtung einbezogen werden.

Die Untersuchungen dienten dem Ziel, die verschiedenen Qualitätsmerkmale der Getreidearten im Blick auf die Lage zum Emittenten relativ zu vergleichen und die absoluten Werte hinsichtlich ihrer Bedeutung bei der Ernährung von Pflanzen und Tieren nach dem bisherigen Erkenntnisstand einzuschätzen und zu interpretieren.

Hinsichtlich Entfernung der Versuchsstandorte vom Emittenten (= alle Staub- und Abgasquellen im Raum Bitterfeld, Wolfen) wurde eine Einteilung in drei Zonen (I–III) vorgenommen, wobei die Zone I den Umkreis bis 3 km vom Emittenten darstellt; Zone II 3–8 km; Zone III 8–12 km. Eine zusammenfassende Darstellung aller Ergebnisse unter Berücksichtigung der Entfernung wird in Tab. 2 gegeben.

Danach ist eine Einschätzung der verschiedenen Qualitätsmerkmale hinsichtlich ihrer Häufigkeit innerhalb der Zonen möglich (horizontaler Vergleich). So sind jeweils die Standorte mit den höchsten und niedrigsten Werten ablesbar. Die vertikale Betrachtung gestattet den Rang einer Getreideart in einer der drei Zonen.

Das Merkmal Anzahl Ährchen/Ähre findet in Zone I bei Winterroggen den Maximal- und Minimalwert. In der abgewandten Zone II sind drei Minimalwerte evident. Die Höchstwerte liegen zu gleichen Teilen in Zone I und II. Hinsichtlich TKM sind die höchsten Werte zur Hälfte in Zone I und III aufgetreten. Bei der 1000-Ähren-Masse sind in der Zone I zwei Höchstwerte ermittelt worden. Betreffs Rohprotein stehen ebenfalls in der Zone I zwei Maximalwerte an erster Stelle.

Die Spitzenwerte von Rohfett sind zur Hälfte in Zone I und Zone III verteilt.

Interessant ist die Gruppierung bei den Spurenelementen. Kupfer-Höchstwerte sind zu je 50 % in Zone I und Zone III aufgetreten. Molybdän-Höchstwerte sind – außer bei Sommergerste – in Zone I wiederzufinden.

Beim Mangan ist in der werksnahen Zone I nur ein Höchstwert bei gleichzeitigem Vorhandensein von zwei der vier niedrigsten Mn-Werte vertreten.

In unmittelbarer Werksnähe ist eine Anreicherung von Molybdän erfolgt. Diese Tendenz liegt bei Kupfer nicht vor. Hinsichtlich Mangan tendiert eine Zunahme des Gehaltes mit abnehmender Entfernung vom Emittenten.

Beim Vertikalvergleich der Getreidearten nimmt Winterroggen in Zone I alle acht Qualitätsmerkmale (Höchstwerte) für sich in Anspruch. Das läßt auf eine besondere Verträglichkeit des Roggens in unserem belasteten Gebiet schließen. Eine Ausnahme bildet der Standort 24 (ausgekohlte Fläche).

Mit Abstand folgen Winterweizen, Sommergerste und Wintergerste. Wintergerste steht in Zone I nur hinsichtlich Rohprotein und Molybdän an erster Stelle. In Zone II sind zwei Merkmale und in Zone III fünf Merkmale die Höchstwerte. Die etwas

Tabelle 2. Zusammenfassende Darstellung der Maximal- und Minimalwerte (Nr. der Standorte) in entfernungsmaßiger Zuordnung zum Emittenten (Zonen I–III)

Standorte der Zone I = 0– 3 km vom Emittenten entfernt (= 11 Standorte)

Qualitätsmerkmale	Zone I							
	höchstem Wert				niedrigstem Wert			
	SG	WG	WR	WW	SG	WG	WR	WW
Anzahl Ährchen/Ähre	—	—	21	27	—	—	24A	—
1000-Korn-Masse (TKM)	—	—	19	27	—	13	24A	—
1000-Ähren-Masse	—	—	21	27	—	13	24A	—
Rohprotein	—	13	23	—	—	—	—	—
Rohfett	3	—	21	—	—	—	—	26
Kupfer	4 ⁺	—	23	—	—	—	19 ⁺	27
							24 ⁺ A	
Molybdän	—	13	24A	27	—	12 ⁺	—	—
Mangan	—	—	23	—	—	—	21	27

SG = Sommergerste

WG = Wintergerste

WR = Winterroggen

besseren Resultate bei Sommergerste können mit der kürzeren Vegetationszeit im belasteten Raum zusammenhängen.

Die drei untersuchten Spurenelemente geben darüber Aufschluß, ob im Untersuchungsgebiet bei Getreide ein Mangel oder Überfluß herrscht oder sogar toxische Grenzwerte vorliegen. Dieses Problem ist allgemein aktuell, und es sind Vorarbeiten im Gange, Verordnungen über Höchstwerte zu erlassen.

Kupfer, Molybdän und Mangan sind essentielle Mikronährstoffe in der Pflanzenernährung und Spurenelemente in der Tierernährung. Nach Bergmann und Hennig (1973) sind im Zeitraum von 1975/77 etwa 130 000 ha mit Kupfer, 50 000 ha mit Molybdän und 100 000 ha mit Mangan zu düngen. Durch jahrelange Industrieemissionen kann es zu einer Anreicherung von verschiedenen Spurenelementen im Boden kommen. So wurden nach Grün (1975) in unserem Raum bei Futterpflanzen Molybdängehalte von 2,80 ppm (Ackerrotklee) und 6,85 bis 7,12 ppm (Wiesenrotklee) nachgewiesen. In Getreidekaryopsen (Gerste, Roggen, Weizen) ergab sich nach unseren Untersuchungen ein Gesamtdurchschnitt von 0,39 ppm Mo. Im Vergleich zu Literaturwerten (Anonym 1973a) liegen diese Werte höher. Grün (1975) gibt für Gerste einen Molybdängehalt von 0,40 ppm und für Weizen von 0,20 ppm an. Bentz (1969) hält sogar einen Mo-Gehalt in Pflanzen von etwa 3 ppm für normal.

Dagegen bewegen sich die Kupferwerte an der unteren Grenze. Der Versuchsdurchschnitt vom Getreide beträgt 2,84 ppm. Für Gerste werden (Anonym 1973a) < 6 ppm als niedrig, für Weizen 1,4 ppm als gering, für Roggen 3 ppm Cu als hoch eingeschätzt.

Die Mangangehalte ergeben in den Untersuchungen einen Gesamtdurchschnitt von 47,0 ppm. Nach dem Literaturbericht (Anonym 1973a) werden für Roggen 22 ppm als ausreichend angesehen; für Sommergerste 37 ppm als hoch. Demzufolge sind unsere Ergebnisse keine Extreme nach oben oder unten.

Standorte der Zone II = 3– 8 km vom Emittenten entfernt (= 11 Standorte)

Standorte der Zone III = 8–12 km vom Emittenten entfernt (= 9 Standorte)

		Zone II								Zone III									
		Nr. der Standorte mit				niedrigstem Wert				Nr. der Standorte mit				niedrigstem Wert					
höchstem	Wert	SG	WG	WR	WW	SG	WG	WR	WW	höchstem	Wert	SG	WG	WR	WW	SG	WG	WR	WW
8	11 ⁺ 17 ⁺	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7	16	—	31
—	—	—	—	—	—	6	—	—	29	10	16	—	—	—	—	7	—	—	—
1	17	—	—	—	—	—	—	—	29	—	—	—	—	—	—	7	—	—	—
1	—	—	—	—	—	6	15 ⁺	—	—	—	14 ⁺	—	—	30	—	—	—	25	28
—	—	—	—	—	—	5	15	—	—	—	16	—	—	31	—	—	—	20	—
2 ⁺	—	—	—	—	—	6	11	—	—	—	16	—	—	28	—	—	—	25 ⁺	—
6	—	—	—	—	—	—	15 ⁺ 17 ⁺	—	—	—	—	—	—	—	—	7	16 ⁺	25	30 ⁺ 28 ⁺
9	—	—	—	—	—	6	11	—	—	—	14	—	—	30	—	—	—	—	—

WW = Winterweizen (die Sorten „Mironowskaja 808“ und „Kawkas“ zusammengefaßt)

+ = Standorte mit gleichen Ergebnissen (Horizontalvergleich)

A = ausgekohelter Standort

Aus der Sicht der Tierernährung (Nehring et al. 1970) liegt der durchschnittliche Molybdängehalt von 0,39 ppm etwas höher als angegeben (für Gerste 0,40 ppm; für Roggen und Weizen 0,20 ppm), während nach Anonym (1973b) bei Reihenuntersuchungen ein Mo-Gehalt in Getreide von 0,27 bis 0,83 ppm gefunden wurde.

Der durchschnittliche Kupfergehalt von 2,84 ppm erreicht nicht die ideale Höhe von 5 bis 8 ppm im Getreide. Nehring et al. (1970) geben 4,9 bis 8,2 ppm an.

Dem im Versuch durchschnittlich erreichten Mangangehalt von 47,4 ppm stehen die Tabellenwerte bei Nehring et al. (1970) von 20 bis 56 ppm und bei Anonym (1973b) von 18 bis 53 ppm gegenüber.

6. Zusammenfassung der Ergebnisse

1. Auf 31 Standorten im Industrieraum Bitterfeld wurden – in einer Entfernung von 1 bis 12 km vom Emittenten – Stichproben von Getreide (Sommergerste, Wintergerste, Winterroggen, Winterweizen) gezogen und hinsichtlich der Qualitätsmerkmale untersucht: 1. Anzahl Ährchen/Ähre; 2. 1000-Korn-Masse (TKM); 3. 1000-Ähren-Masse; 4. Rohprotein; 5. Rohfett; 6. Kupfer; 7. Molybdän; 8. Mangan.
2. Eine deutliche standortabhängige Beeinflussung der Merkmale eins bis drei ist nicht gefunden worden. Im Gesamtdurchschnitt ergab sich (außer Wintergerste) eine höhere TKM als sortentypisch angegeben.
3. Rohprotein lag in den meisten Fällen über den sortenspezifischen Normalwerten. Es ist die Tendenz einer Erhöhung in der Nahzone (1 bis 3 km vom Emittenten) erkennbar. Rohfett zeigte im allgemeinen keine starken Unterschiede innerhalb der Sorten. Die Höchstwerte von Winterroggen und Sommergerste ergaben sich in Werksnähe.
4. Von den vier untersuchten Getreidearten zeigt Winterroggen die meisten Höchstwerte aller Merkmale in der werksnahen Zone. An letzter Stelle steht Wintergerste,

die auch hinsichtlich Rohprotein insgesamt nicht den sortenüblichen Durchschnitt erreicht.

5. Die Kupferwerte (durchschnittlich 2,84 ppm) liegen als Pflanzenmikronährstoff und als Spurenelement in der Tierernährung niedriger als normal.
6. Die Molybdänwerte (durchschnittlich 0,39 ppm) sind im werksnahen Bereich bei allen vier Getreidearten höher als in werksabgewandten Gebieten. Als Pflanzenmikronährstoff stehen sie teilweise über dem Durchschnitt, jedoch nicht im toxischen Bereich. In der Tierernährung sind die gefundenen Werte mit denen in der Literatur vergleichbar.
7. Die Manganwerte (durchschnittlich 47,0 ppm) entsprechen einer guten Versorgung für die Pflanzen- und Tierernährung. Mit zunehmender Werksentfernung tendiert ein zunehmender Mn-Gehalt.
8. Ein Einfluß der Hauptwindrichtung und Werksnähe auf die Nachweishöhe eines Spurenelementes ist bei Molybdän zu erkennen.

S c h r i f t t u m

- Anonym: Forschungsabschlußbericht. Abteilung Mikronährstoffe. Institut für Pflanzenernährung Jena 1973a.
- Anonym: Arbeiten der DLG, Band 62. DLG-Futtermitteltabellen. Mineralstoffgehalte in Futtermitteln. 2. erw., neugest. Aufl., Frankfurt M. 1973 b.
- Bentz, H.: Nutztiervergiftungen. Erkennung und Verhütung. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena 1969.
- Bergmann, W., und A. Hennig: Die Bedeutung der Spurenelemente im Rahmen der weiteren Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion. *Chemische Technik* 25 (1973) 391-397.
- Bergmann, W.: Auswirkungen von Industrie- und anderen Immissionen auf den Gehalt der Pflanzen an Spurenelementen. In: Report zur II. Tagung der Urania, Gera 1975.
- Enders, K.-L., und P. Peklo: Entwicklung der Staubsedimentation im Raum Bitterfeld. *Chemische Technik* 26 (1974) 424-426.
- Grün: Die Auswirkungen von Molybdän und Schwefeldioxid auf den Kupferstoffwechsel von Rindern und Schafen. In: Report zur II. Tagung der Urania, Gera 1975.
- Hammje, K., und W. Rauh: Lufthygienische Untersuchungen im Bezirk Halle. Immissionsmessungen im Industriegebiet von Bitterfeld. *Zeitschr. f. d. ges. Hygiene und ihre Grenzgebiete* 17 (1971) 243-248.
- Hammje, K., und C. Schiller: Lufthygienische Untersuchungen im Bezirk Halle. Staubsedimentationsmessungen. *Zeitschr. f. d. ges. Hygiene und ihre Grenzgebiete* 17 (1971) 248-254.
- Nehring, K., M. Beyer und B. Hoffmann: Futtermitteltabellenwerk, VEB Deutsch. Landwirtschaftsverl., Berlin 1970.

Dr. Hubert Krüger
 VEB CKB
 HA Umweltschutz und Arbeitshygiene
 DDR - 44 Bitterfeld
 Zörbiger Straße