

## Einfluß einer Ozon-Langzeitbelastung von Sommerweizen auf Ertragsbildung, Photosynthese und N-Aufnahme - Ergebnisse eines Gefäßversuches in Expositions-kammern

R. Gutser\*, Th. Pfirrmann\*\* und H. Goldbach\*

In einer Vielzahl von Versuchen wurde die Wirkung einer meist hohen ( $> 150-200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) und häufig kurzzeitigen Ozonbelastung auf das Wachstum und die Photosyntheseleistung landwirtschaftlicher Kulturen geprüft. Mittlerweile gibt es auch eine Reihe von Langzeituntersuchungen in "open-top" Kammern (z. B. Lehnherr et al., 1987, Admundson et al., 1987, Weigel et al., 1987 u. a.).

In dieser Arbeit wird von Versuchen in Klimakammern berichtet, in denen der Einfluß hoher Kurzzeitbelastung (Vorversuch) sowie Langzeitbelastung mit an Ackerbaustandorten gemessenen realistischen Konzentrationen (Hauptversuch) auf Ertragsbildung, Mineralstoffaufnahme, Photosynthese und Energiestatus von Sommerweizen geprüft wurde.

### Versuchsdurchführung

**Vorversuch:** Sommerweizen (7 Sorten), optimal ernährt, Vor- und Weiterkultur unter üblichen Gewächshausbedingungen

O<sub>3</sub>-Begasung (Angaben stets in  $\mu\text{g O}_3/\text{m}^3$  Luft)

Kontrolle	$60 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , sowie zusätzlich von 10°-18° Uhr	
	$300 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ im Stadium EC 13, 21, 25, 30	) Dauer/Begasung
	$600 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ " EC 13, 21	) = 3 Tage
	$1200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ " EC 13	)

**Hauptversuch:** Sommerweizen (Star) - Wachstumszeit 2. Jan. - 2. Mai 1988, Anzucht und Weiterkultur bis zur Reife im Gewächshaus

O<sub>3</sub>-Begasung: 16. Jan. (EC 12 = 2-Blattstadium) bis 21. März (EC 61 = Beginn Blüte) in den Klimakammern der GSF München (Payer et al., 1986)

1. Kontrolle: Grundbelastung  $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  O<sub>3</sub> (+ NO, SO<sub>2</sub>)
2. O<sub>3</sub>-Variante: Grundbelastung + tageszeit- bzw. witterungsabhängige Zusatzbelastung mit O<sub>3</sub>
  - Sonnetage:  $20 + 40 (10^\circ-18^\circ) + 40 (13^\circ-16^\circ) \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
  - Regentage:  $20 + 40 (10^\circ-18^\circ) \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
  - gemessene mittlere Belastung  $35 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ;
  - Spitzenbelastung  $100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  ( $13^\circ-16^\circ$ );

Der O<sub>3</sub>-Einfluß wurde in Abhängigkeit von der N-Ernährung und der Wasserversorgung geprüft.

- \* Dr. R. Gutser und Prof. Dr. H. Goldbach, Institut für Pflanzenernährung der TU München, D-8050 Freising-Weihenstephan
- \*\* Dipl.-Ing. Th. Pfirrmann, Institut für Biochemische Pflanzenpathologie der GSF München, D-8042 Neuherberg

1. N<sub>1</sub> als NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> N<sub>1</sub> = 0.8, N<sub>2</sub> = 1.2 g N/Mitscherlichgefäß
2. N<sub>2</sub> als NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>
3. N<sub>2</sub> als (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + Dicyandiamid (NH<sub>4</sub>-Ernährung!)
4. wie 2. aber zeitweiliger Wasserstreß (Saugspannung ca. 500 hPa)

Methodik: Messung der Photosynthese mittels portablen Infrarot-Analysator ADC-LC 2 (mit Küvetten); ATPase mit Sigma-Testkit FL-AA (Techn. Bull. No. BAAB-1) mit 3 M-Biolumat

Ergebnisse

1. Vorversuch mit hoher Kurzzeitbelastung

Ozon führte zu einem deutlichen Rückgang der Photosyntheseleistung (Abb.1). Die Ursache lag nicht nur in einer verminderten

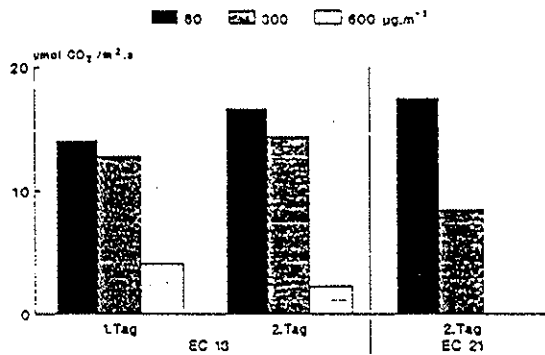


Abb.1: Ozon und Photosynthese von Sommerweizen (Ø 7 Sorten)

stomatären Leitfähigkeit, sondern wie aus Abb.2 zu entnehmen ist, auch in einer verschlechterten Effizienz der CO<sub>2</sub>-Assimilation; bei gleicher stomatärer Leitfähigkeit wurden in Variante "300 µg.m<sup>-3</sup>" deutlich niedrigere CO<sub>2</sub>-Syntheseraten erzielt (Elektronentransportrate, Aktivität

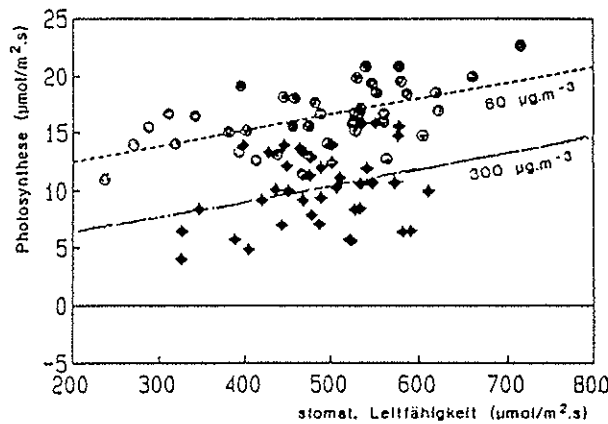


Abb.2: Photosynthese und stomatäre Leitfähigkeit von Sommerweizen (EC 49) - (Pfirrmann et al., 1988)

der Ribulosebisphosphat-Carboxylase, s. Barton und Knoppik, 1990).

Ozonbehandelte Pflanzen zeigten einen kürzeren Wuchs (Tab.1). Die Ährendichte nahm durch eine dreitägige Belastung mit 600 µg.m<sup>-3</sup> O<sub>3</sub> in EC 21 gesichert ab. Sommerweizen reagierte mit deutlichen Mindererträgen an Korn und Stroh.

2. Hauptversuch mit Langzeitbelastung

Im Gegensatz zum Vorversuch traten während der gesamten Versuchsdauer keine nennenswerten Schadsymptome auf (bestenfalls im Tab.1: Ozon und Wachstum von Sommerweizen (Ø 7 Sorten)

O <sub>3</sub> -Behandlung µg.m <sup>-3</sup>	Sproßlänge (cm)	Ähren/ Gef.	Erträge (g/Gef.)	
			Körner	Stroh
60	68	13	17.0	20.3
300				
	66	14	16.1	19.0
600	60	11	11.6	15.4
1200	61	13	14.3	17.5
GD 5 %	3	2	0.9	0.9

Schoßstadium schwache, streifenförmige Chlorosen an älteren Blättern).

Eine Langzeitbelastung von durchschnittlich 35 mit Spitzenwerten (13°-16°) bis 100 µg.m<sup>-3</sup> O<sub>3</sub> beeinflusste die Photosynthese nur unwesentlich (Tab.2); die geringfügige, jedoch nicht absicherbare Verbesserung der

Tab.2: Photosynthese von Sommerweizen (Ø EC 25-65)

Parameter (µmol/cm <sup>2</sup> .s)	Ozon		GD 5 %
	-	+	
Photosyntheserate (CO <sub>2</sub> )	18.2	17.6	0.8
stomatäre Leitfähigkeit (H <sub>2</sub> O)	377	392	31

stomatären Leitfähigkeit wird in Versuchen mit niedrigen O<sub>3</sub>-Belastungen öfters beschrieben.

Auch die Regressionsgeraden zwischen stomatärer Leitfähigkeit und Nettophotosynthese zeigen in beiden O<sub>3</sub>-Varianten

einen gleichen Verlauf; die Unterschiede sind nicht signifikant (Abb. 3). In Kenntnis der starken tageszeit- und entwicklungsabhängigen Schwankungen lassen sich die durch Ozon ausgelösten Veränderungen des ATP-Gehaltes ausgewählter Pflanzenteile als meist unwesentlich beurteilen

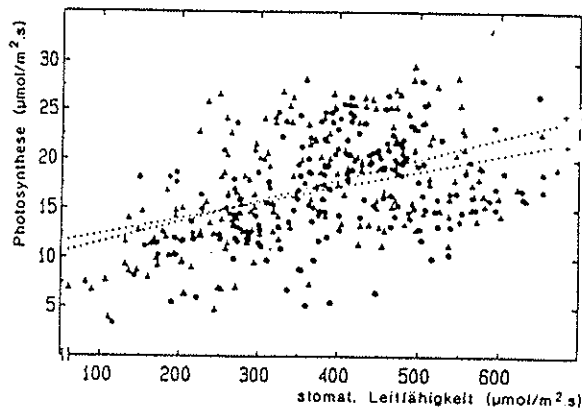


Abb.3: Photosynthese und stomatäre Leitfähigkeit von Sommerweizen (EC 25-51, n = 193)

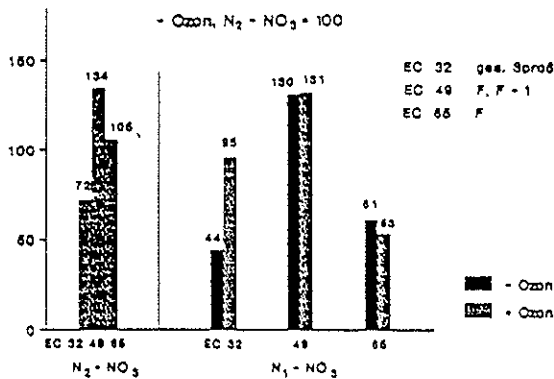


Abb. 4: ATP-Gehalte von Sommerweizen

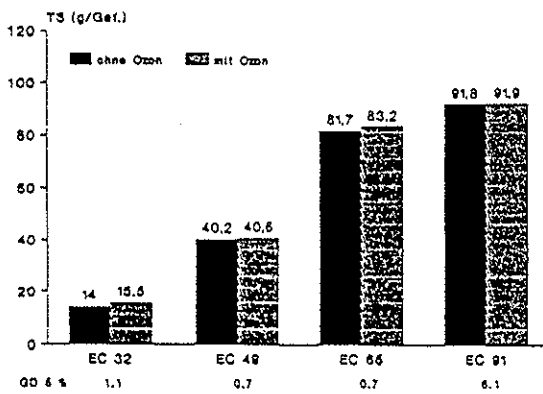


Abb. 5: So-Weizen, Sproßerträge  
Mittel über die N-Stufen

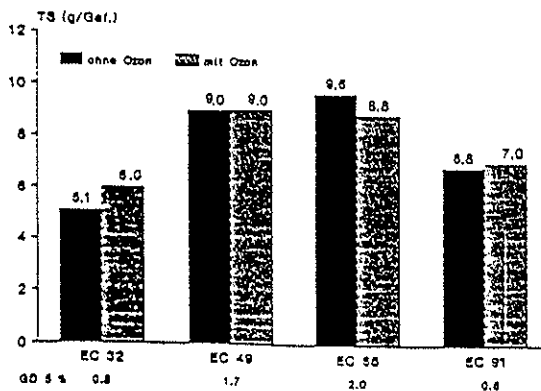


Abb. 6: So-Weizen, Wurzeleerträge  
Mittel über die N-Stufen

(Abb. 4); Ozon bewirkte jedenfalls keine Verschlechterung des Energiestatus; in den beiden frühen Stadien EC 32 (N<sub>1</sub>) und EC 49 (N<sub>2</sub>) wiesen die O<sub>3</sub>-exponierten Pflanzen sogar mehr ATP auf. Zu einem deutlichen Anstieg der ATP-Gehalte führte die Optimierung der N-Düngung.

Die Ertragsbildung von Sommerweizen wurde durch die vorgegebene Ozonbelastung in sämtlichen Entwicklungsstadien nicht beeinflusst, sieht man von einer schwachen Förderung im 2-Knoten-Stadium ab (Abb. 5 u. 6). Die in EC 32 durch Ozon bedingten höheren Sproß- und Wurzeleerträge gehen z. T. parallel mit höheren ATP-Gehalten (s. oben).

Kurz nach Beendigung der O<sub>3</sub>-Exposition wurden in EC 65 die N-Aufnahmen der Pflanzen ermittelt. Im Mittel über die N-Stufen erzielten beide Versuchsgruppen gleiche N-Entzüge mit identischer Verteilung über die verschiedenen Organe (Abb. 7).

Ab Stadium EC 61 wurden

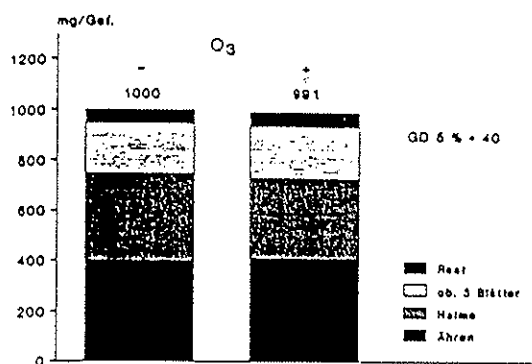


Abb. 7: N-Entzüge von Sommerweizen (EC 65)  
Mittel über die N-Stufen

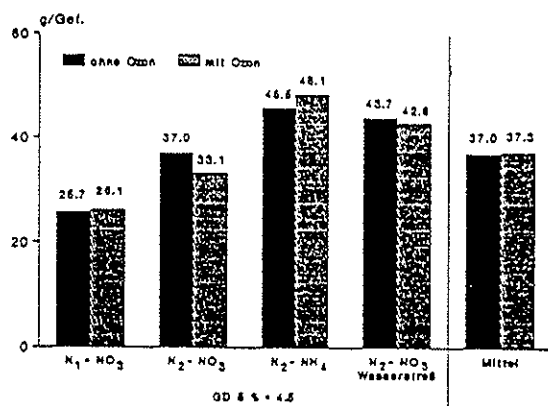


Abb. 8: Kornerträge (TS)

die Pflanzen bis zur Kornreife im Gewächshaus unter einheitlich optimalen Bedingungen zu Ende kultiviert. Die Ozonbehandlung führte zu keiner Veränderung der Kornerträge (Abb. 8).

Erwartungsgemäß differenzierten diese in Abhängigkeit von der N-Düngung. Die gute Ertragsleistung der NH<sub>4</sub>-Düngung dürfte im wesentlichen auf niedrigere Denitrifikationsverluste (Besonderheiten der Wasserführung!), die der Variante "Wasserstreß" zusätzlich auch auf höhere N-Reserven für die Kornbildung infolge der verhaltenen vegetativen Entwicklung zurückzuführen sein.

Zusammenfassung

In Gefäßversuchen in Klimakammern wurde der Einfluß einer kurzzeitig hohen O<sub>3</sub>-Belastung sowie einer Dauerbelastung mit für Ackerbaustandorten realistischen Ozonkonzentrationen auf Ertragsbildung, Mineralstoffaufnahme, Photosynthese und Energiestatus von Sommerweizen geprüft.

Die hohen O<sub>3</sub>-Belastungen (Kontrolle = 60, 300, 600, 1200 µg.m<sup>-3</sup> - 1 bis 4 malige 3-tägige Exposition) führte zu einer deutlichen Verminderung der CO<sub>2</sub>-Assimilation sowie der Korn- und Stroherträge.

Eine Dauerbelastung ab dem 2-Blattstadium bis Beginn der Blüte mit im Mittel  $35 \mu\text{g.m}^{-3}$   $\text{O}_3$ , aber tageszeit- und witterungsabhängigen Spitzenwerten bis  $100 \mu\text{g.m}^{-3}$   $\text{O}_3$  ( $13^\circ\text{C}$ - $16^\circ\text{C}$ ), brachte keinerlei Beeinträchtigung des Wachstums und der Ertragsbildung sowie der Photosynthese und des Energiestatus, gemessen an den ATP-Gehalten in ausgewählten Organen. Diese für Sommerweizen offensichtlich noch gut verträglichen  $\text{O}_3$ -Konzentrationen förderten im Gegenteil geringfügig die Jugendentwicklung der Pflanzen (Sproß, Wurzel); parallel dazu wurden etwas höhere ATP-Gehalte im Sproß nachgewiesen.

#### Literatur

- Admundson, R.G., Kohut, R.J., Schoettle, A.W., Raba, R.M. und Reich, P.B., 1987: Correlative reductions in whole-plant photosynthesis and yield of winter wheat caused by ozone. *Phytopathology* 77, 75-79
- Barton, K. und Knoppik, D., 1990: Einfluß von verschiedenen Ozonkonzentrationen und Expositionsverläufen auf Photosynthese und stomatäre Regulationsfähigkeit von Weizen. VDLUFA-Kongreß Berlin
- Lehnherr, B., Grandjean, A., Mächler, F. und Fuhrer, J., 1987: The effect of ozone in ambient air on ribulosebisphosphate carboxylase/oxygenase activity decreases photosynthesis and grain yield in wheat. *J. Plant Physiol.* 130, 189-200
- Payer, H.D., Bosch, Chr., Blank, L.W., Eisenmann, T. und Runkel K.H., 1986: Beschreibung der Expositions-kammern und der Versuchsbedingungen bei der Belastung von Pflanzen mit Luftschadstoffen und Klimastreß. *Forstwiss. Centralblatt* 105, 207-218
- Pfirrmann, Th., Rehm, G. und R. Gutser, 1988: Reaction of seven spring wheat cultivars to ozone fumigation: photosynthesis and growth. EC COST 6112 workshop on open-top chambers, Pau, Frankreich
- Weigel, H.J., Adaros, G. und Jäger H.-J., 1987: On open-top chamber study with filtered and non-filtered air to evaluate the effects of air pollutants on crops. *Environ. Pollut.* 47, 231-244