

# praxisnah

FACHINFORMATIONEN FÜR DIE LANDWIRTSCHAFT

**SCHWEFEL – WICHTIG FÜR LEBENSMITTEL-  
QUALITÄT UND PFLANZENGEUNDHEIT**



Schlechtere Backqualität durch Schwefelmangel  
(links: Brot aus Weizen, der ausreichend mit Schwefel  
versorgt ist; rechts: Brot aus Schwefelmangelweizen)  
(Bildquelle: TSI, The Sulphur Institute, Washington –  
and Bread Research Institute of Australia).

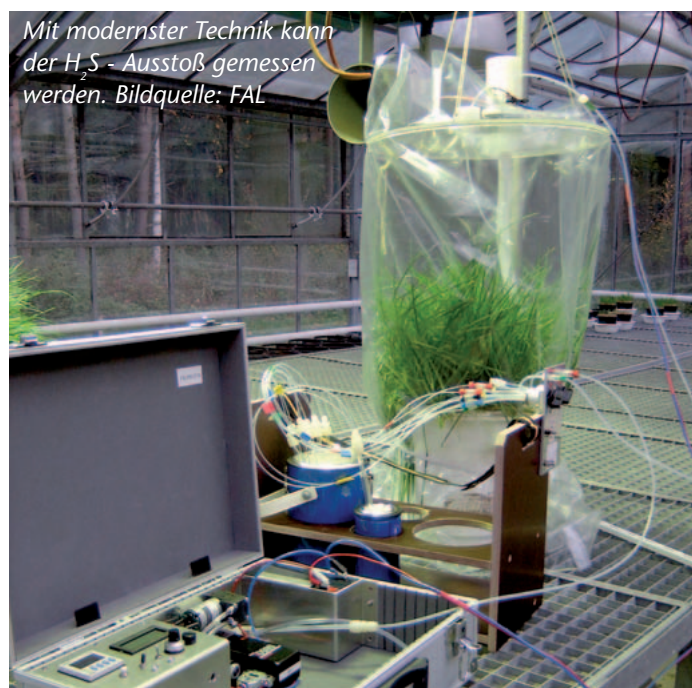
Dass Schwefeldüngung für Ertrag und Qualität notwendig ist, weiß heutzutage jeder in der Landwirtschaft. Warum das so ist, ist schon weniger bekannt. Doch wer weiß schon, dass Schwefel als Nährstoff auch im Pflanzenschutz eine Rolle spielt? Dies dürften nur wenige Fachleute wissen.



Wie kann man durch eine gezielte Schwefeldüngung Gesundheit und Ertrag der Pflanze sowie die Qualität der Ernteprodukte optimieren? Diese für die landwirtschaftliche Praxis äußerst relevante Fragestellung ist Gegenstand des nachfolgenden Interviews mit führenden Wissenschaftlern des Institutes für Pflanzenernährung und Bodenkunde in der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig (FAL) – Prof. Dr. Dr. Ewald Schnug, Prof. Dr. Silvia Haneklaus und Dr. Elke Bloem.

**praxisnah:** Sie haben sich bzw. beschäftigen sich mit Ihrem Forschungsteam an der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) unter anderem mit der Erforschung der Zusammenhänge zwischen „Schwefeldüngung und Backqualität“ und „Schwefeldüngung und Pflanzengesundheit“. Warum ist der Schwefel so interessant für Sie?

Schwefel ist einer der sog. Hauptnährstoffe und als solcher in eine Vielzahl von Stoffwechselprozessen eingebunden. Eine unzureichende Schwefelversorgung nimmt direkten Einfluss auf Ertrag, Qualität und auch die Gesundheit der Pflanze. Besonders in dem Komplex Gesundheit sehen wir zwar, dass ein klarer Zusammenhang zur Schwefelversorgung besteht, aber es sind auch noch viele Fragen offen, die geklärt werden müssen bevor das Konzept der Schwefel-Induzierten Resistenz (SIR) praxisreif ist.



Mit modernster Technik kann der  $H_2S$ -Ausstoß gemessen werden. Bildquelle: FAL

**praxisnah:** Kann durch Schwefeldüngung die Backqualität von Weizen gezielt beeinflusst werden und wenn ja, wie?

Schwefel ist als Bestandteil von bestimmten Weizenproteinen wesentlich mitverantwortlich für die Elastizität des Teiges und das Backvolumen des Brotes. Dieser Zusammenhang zeigt sich in Versuchen immer wieder. Man schätzt, dass 40 % der Unterschiede bei den Backvolumina einer Sorte auf die Schwefelernährung zurückzuführen sind. Folgerichtig kann man durch Düngung auch direkten Einfluss auf die Backqualität nehmen. Diese Effekte sind besonders ausgeprägt auf leichten, grundwasserfernen Böden ohne Beregnung zu beobachten, da dies die typischen Schwefelmangelgebiete sind.

**praxisnah:** Gilt das jetzt nur für Weizen, der suboptimal ernährt ist, also (latenten) S-Mangel aufweist, oder verbessert die Schwefeldüngung die Backqualität auch bei gut ernährten Pflanzen?

Natürlich erziele ich den größten Effekt bei Mangelpflanzen – das ist bei Schwefel nicht anders als bei den anderen Hauptnährstoffen. Man spricht von Schwefelmangel bei Konzentrationen von weniger als 1,2 mg/g S im Korn oder einem Stickstoff/Schwefel-Verhältnis von  $>17:1$ . Tatsächlich besteht aber ein linearer Zusammenhang zwischen S-Gehalt im Korn und Backvolumen auch noch in einem relativ weiten Bereich innerhalb einer Versorgung, die als ausreichend gilt. In Versuchen mit Backweizen konnte bis 1,5 mg/g S im Korn noch ein linearer Zusammenhang nachgewiesen werden. Ein sehr eindrucksvolles Beispiel für den Einfluss der Schwefelversorgung auf die Backqualität zeigt die Abbildung auf der Titelseite.

Grundsätzlich kann man sagen, dass eine Steigerung der Schwefelkonzentration von 0,1% im Mittel zu einer Erhöhung der Backvolumina von ca. 40 – 50 ml (RTM-Test) führt. Allerdings sollte man immer bedenken: Schwefel ist zwar ein wichtiger Faktor für die Backqualität, aber nicht der einzige.

## Schwefel-Induzierte Resistenz – Schwefeldüngung als Beitrag zum Pflanzenschutz

**praxisnah:** Kommen wir zu einem weiteren, sehr wichtigen Arbeitsbereich Ihres Teams: der Schwefel-Induzierten Resistenz (SIR).

Für den gesamten Ackerbau ist das ein sehr interessantes und spannendes Thema. Die Untersuchungen konzentrierten sich bislang auf die Kulturen Raps und Kartoffeln. Unter SIR verstehen wir die Steigerung der natürlichen Resistenz von Pflanzen gegenüber Krankheiten durch gezielte Schwefeldüngung. Ziel der Untersuchungen ist es, die Wirkungsmechanismen im Stoffwechsel der Pflanze aufzuklären, um letztendlich SIR durch Düngung zu initiieren. Wichtig ist es, in diesem Zusammenhang, die Schwefel-Induzierte Resistenz vom phytopathologischen Begriff der induzierten Resistenz zu trennen.

**praxisnah:** Dass die Blattdüngung mit Elementarschwefel fungizide Wirkung hat, weiß man aber doch schon lange, oder?!

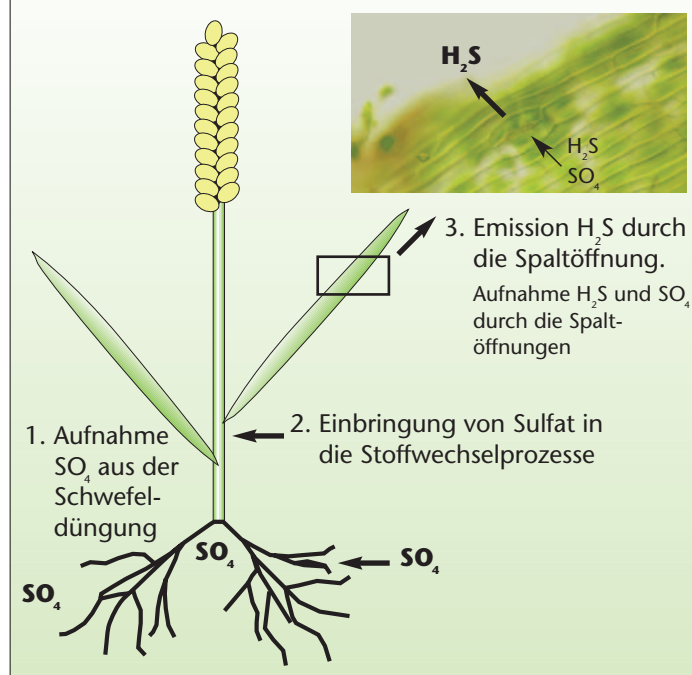
Das stimmt. Die fungizide Wirkung des Elementarschwefels ist seit mehr als 100 Jahren bekannt und stellt zum Beispiel eine der effizientesten Mittel gegen den Echten Mehltau an Reben dar. Im Vergleich hierzu wird bei der SIR-Forschung Schwefel als Sulfat zum Boden gedüngt. Ziel der Untersuchungen ist es, den Einfluss einzelner schwefelhaltiger Stoffwechselprodukte in der Pflanze bzw. Stoffwechselprozesse, die schwefelhaltige Substanzen einschließen, auf Abwehrmechanismen der Pflanze gegenüber Schaderregern zu quantifizieren.

**praxisnah:** Also Schwefeldüngung als kostengünstige und umweltfreundlichere Pflanzenschutzmaßnahme?

Genau das ist unsere Zielsetzung!!! Wenn es gelingt, durch optimierte Schwefeldüngung (gegebenenfalls in Kombination mit Pflanzenschutzmitteln) das Abwehrverhalten der Pflanzen

effektiv zu verbessern, würden sich Pflanzenschutzmittel einsparen lassen und im günstigsten Fall könnte auf deren Einsatz sogar ganz verzichtet werden. SIR stellt also potentiell nicht nur für den konventionellen, sondern auch für den ökologischen eine wirkungsvolles Instrumentarium zum Schutz der Pflanzen gegenüber Krankheiten dar.

**Abb. 2: Schematische Darstellung der  $H_2S$  Emission bei Pflanzen**



#### **praxisnah: Wie weit sind denn die Forschungen bei SIR?**

Einer der vielzähligen schwefelhaltigen Stoffwechselprodukte in der Pflanze ist zum Beispiel das Glutathion, ein effektives biologisches Antioxidans. Es besteht eine positive Wirkungsbeziehung zwischen Schwefelversorgung und dem Glutathiongehalt der Pflanzen. Interessant dürfte an dieser Stelle auch sein, dass Glutathion als Phytopharmaka mit potentiell antikanzerogener Wirkung vertrieben wird. Aber dies nur am Rande. In dem Moment, in dem ein Pilz z.B. eine Weizenpflanze infiziert, starten in der Pflanze eine Vielzahl von chemischen Reaktionen mit dem Ziel, den „Angreifer“ abzuwehren. Glutathion dient hierbei möglicherweise als Botenstoff, indem es Informationen vom beschädigten Gewebe zu intakten Nachbarbereichen sendet und so wiederum weitere Abwehrmechanismen auslöst – z.B. ein Absterben des Gewebes, das ein weiteres Ausbreiten des Pilzes verhindert. Andere schwefelhaltige Komponenten, die an der SIR beteiligt sein könnten, sind neben dem Cystein- und Methioningehalt im Gewebe sekundäre Inhaltsstoffe, wie zum Beispiel die Gruppe der Phytoalexine und Glucosinolate. Letztere finden sich z.B. bei den landwirtschaftlichen Kulturpflanzen Raps und Kohl.

Von besonderem Interesse für uns ist allerdings die Emission von  $H_2S$  über die Blattöffnungen, als pilzhemmender Abwehrmechanismus der Pflanze.

#### **praxisnah: Wie funktioniert das und was hat die Emission von $H_2S$ mit Schwefeldüngung zu tun?**

Schwefelwasserstoff verbindet man im allgemeinen mit dem unangenehmen Geruch nach faulen Eiern, und die akute Toxizität von  $H_2S$  für Menschen zeigte der tragische Unfall beim Entladen eines Anhängers mit Schlachtabfällen im letzten Jahr, der mehrere Todesopfer forderte. Pflanzen emittieren bis zu millionenfach niedrigere Mengen an  $H_2S$  als solche, die den Menschen gefährden oder schädigen könnten. Dennoch findet man in der Literatur wiederholte Hinweise auf seine fungizide Wirkung.

Der wesentliche Mechanismus läuft vermutlich, das zeigen diverse Versuchsergebnisse, stark vereinfacht dargestellt, so ab. (s. auch Abb. 2). Es konnte in den neuesten Untersuchungen im Rahmen von Feldversuchen zu Raps gezeigt werden, dass mit steigender Schwefelzufuhr (als Sulfat über den Boden) die  $H_2S$  Emissionen signifikant anstiegen.

Im Klartext: Sulfat wird über den Boden gedüngt und von den Wurzeln aufgenommen. Hierbei gehen die Mengen über den physiologischen Bedarf der Pflanzen hinaus. Im Pflanzengewebe findet dann die Reduktion zu Schwefelwasserstoff ( $H_2S$ ) statt und dieser wird teilweise über die Blattöffnungen abgegeben.  $H_2S$  gilt allgemein als fungitoxisch, vermutlich weil er das Pilzwachstum hemmt bzw. eine Infektion verhindert. Zukünftige Untersuchungen sollen zeigen, ob eine erhöhte Schwefelzufuhr nicht nur die  $H_2S$  Emissionen erhöhen, sondern damit auch den Befall mit Pilzen mindern kann.

#### **praxisnah: Sind diese Thesen denn schon für die Praktiker/innen verwendbar?**

Wir müssen noch sehr viele Details verstehen lernen, um den Praktiker/innen konkrete Düngeempfehlungen an die Hand geben zu können und ggf. Kombinationen von S-Düngung und Fungizidanwendungen zu empfehlen. Wir arbeiten eng mit anderen Forschungseinrichtungen im In- und Ausland zusammen, um den Hintergrund von SIR zu verstehen. Trotzdem gibt es auch jetzt schon praxisrelevante und gesicherte Aussagen: eine ausreichende Schwefelversorgung leistet einen wichtigen Beitrag, die natürliche Resistenz von Pflanzen gegenüber Krankheiten zu fördern.

Deshalb sollte eine ausreichende Menge an pflanzenverfügbarem Schwefel während der gesamten Vegetationsperiode zur Verfügung stehen. Für Winterkulturen empfiehlt sich hier – standortabhängig – bereits eine Schwefeldüngung im Herbst.

#### **Vielen Dank für das Gespräch und weiterhin viel Erfolg bei Ihren Forschungen.**

#### **Weizenpflanzen, die nicht optimal mit Schwefel versorgt sind:**

- können ihr Ertragspotential nicht vollständig ausschöpfen
- können keine optimalen Proteingehalte erlangen
- liefern somit eine schlechtere Backqualität
- sind oftmals anfälliger gegenüber Infektionen mit pilzlichen Erregern
- können den angebotenen Stickstoff nicht optimal nutzen (es bestehen hier enge Wechselwirkungen zwischen Stickstoff und Schwefel)

Folglich ist die fachgerechte Schwefeldüngung für den Erfolg der Backweizenproduktion (und nicht nur für die) wesentlich.



# „SCHWEDOKAL® 80 flüssig“

„Elementarer Schwefel flüssig 56“ · 56,9% S Schwefel

Lieferung im Kanister mit 10 l oder Gitterbox mit 1000 l

Pflanzenbau-Profis nutzen die schwefeldüngende und krankheitsbekämpfende Nebenwirkung von „SCHWEDOKAL®“. Sie erzielen damit sichere Erträge mit höchster Qualität und sparen gleichzeitig beim Einsatz von Fungiziden.

In der intensiven Landwirtschaft kommt es darauf an, dass die Qualität besonders hochwertig ist und preiswert erzeugt wird. Winter- und Sommergetreide, Zuckerrüben, Raps, Silo- und Körnermais sowie viele andere Kulturen haben einen erhöhten Anspruch an eine kontinuierliche Schwefelversorgung.

„SCHWEDOKAL®“ besteht aus mikronisiertem elementarem Schwefel, den die Pflanzen zu 75 – 90% aufnehmen. Im Gegensatz dazu wird Sulfatschwefel nur zu 5 – 20% ausgenutzt, weil er verstärkt ausgewaschen wird. Um dies zu vermeiden, müsste eine mehrfach wiederholte Anwendung erfolgen. Dies wäre zu teuer und hätte einen überhöhten Kalkverbrauch zur Folge.

**Den geringen Kosten  
steht ein erheblicher Mehrerlös gegenüber!**



KÖRNERRAPS



GETREIDE



ZUCKERRÜBEN



MAIS



GEMÜSE



OBSTANLAGEN

| Kulturen:                                                                 | SCHWEDOKAL® Termine:<br>80 flüssig |                                                                | BBCH-Code: |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------|
| Ackerbohne, Erbse,<br>Lupine, Sonnenblumen                                | 5 l/ha                             | 1. Blatt entfaltet bis 4. Laubblatt                            | 11 – 19    |
|                                                                           | 5 l/ha                             | Längenwachstum                                                 | 30 – 59    |
|                                                                           |                                    | bis Knospenentwicklung                                         |            |
| Raps                                                                      | 5 l/ha                             | im Herbst                                                      | 10 – 29    |
|                                                                           | 8 l/ha                             | Beginn Streckenwachstum                                        | 30 – 50    |
|                                                                           | 6 l/ha                             | Vorblüte                                                       | 51 – 57    |
| Gerste, Weizen, Roggen,<br>Braugerste, Triticale,<br>Durum, Hafer, Dinkel | 5 l/ha                             | Auflaufen – Beginn Bestockung                                  | 10 – 21    |
|                                                                           | 5 l/ha                             | Ende Bestockung – Schossbeginn                                 | 23 – 30    |
|                                                                           | 5 l/ha                             | 2-Knotenstadium – Ende Ährenschieben                           | 32 – 59    |
| Silo- und Körnermais                                                      | 10 l/ha                            | 2. – 6. Laubblatt                                              | 12 – 15    |
| Speise- und<br>Stärkekartoffeln                                           | 5 l/ha                             | mit Krankheitsbekämpfung<br>2 bis 5 Anwendungen                | 21 – 70    |
| Zuckerrüben                                                               | 5 l/ha                             | mit Unkrautbekämpfung                                          | 14 – 16    |
|                                                                           | 5 l/ha                             | 3 – 4 Wochen später, vor Reihenschluss                         | 31 – 39    |
| Weinbau                                                                   | 5 l/ha                             | vor Blüte                                                      | 15 – 55    |
|                                                                           | 5 l/ha                             | ab Ende Blüte                                                  | 71 – 75    |
| Hopfen                                                                    | 5 l/ha                             | ab 1 m Wuchshöhe bzw.                                          |            |
|                                                                           | 5 l/ha                             | nach Entfaltung von<br>4 Laubblattpaaren,<br>3 – 4 Anwendungen |            |
| Obstbau                                                                   | 5 l/ha                             | vor der Blüte                                                  |            |
|                                                                           | 5 l/ha                             | Blüte bis nach der Blüte                                       |            |
|                                                                           | 5 l/ha                             | nach der Blüte                                                 |            |
| Gemüse, Zwiebeln,<br>Kohlarten (nicht zu Gurken)                          | 5 l/ha                             | 3 – 5 Anwendungen                                              |            |
| Grünland                                                                  | 40 l/ha                            | vor Vegetationsbeginn                                          |            |

**Die Mischung mit AHL, Fungiziden, Herbiziden, Insektiziden etc. ist problemlos möglich.**

**Die gelbe Farbe von „SCHWEDOKAL®“ schützt vor Verbrennungen oder Verätzungen.**



**BvG Bodenverbesserungs-GmbH**  
 Albrechtstraße 22  
 D-86641 Rain am Lech  
 Tel.: 09090/4006 · Fax: 09090/4744  
 E-Mail: [dispo@bvg-rain.de](mailto:dispo@bvg-rain.de)  
 Internet: [www.bvg-rain.de](http://www.bvg-rain.de)