

Minimumregel und Optimumregel

Pflanzen können auch ohne Erde gezogen werden. Dabei wachsen sie in einer Nährlösung, die alle Stoffe in der richtigen Menge enthält, die für das Wachstum der Pflanze entscheidend sind. Wird einer dieser Stoffe entfernt, zeigen die Pflanzen in der Folge Mangelerscheinungen. Welche Auswirkungen haben Veränderungen der optimalen Zusammensetzung?

Mengen- und Spurenelemente – Über ihre Wurzeln nehmen Pflanzen Wasser mit den darin gelösten Ionen verschiedener Elemente auf. Die Stoffe, die in verhältnismäßig größeren

Mengen benötigt werden, werden als **Mengenelemente** bezeichnet, die in geringerem Umfang benötigten, als **Spurenelemente**.

Bedeutung von Stickstoff – Stickstoff ist ein Mengenelement, dass mit am meisten von der Pflanze benötigt wird. Es wird hauptsächlich in Form von Nitrat-Ionen, NO_3^- , sowie in Form von Ammonium-Ionen, NH_4^+ , aufgenommen. Als Bestandteil aller Aminosäuren und Nukleinsäuren wird Stickstoff für alle Stoffwechselprozesse benötigt. Zellteilung oder enzymatische Reaktionen sind demnach ohne



1 Hydroponische Anzucht

Element	Aufnahmeform	Bedeutung
Stickstoff, N	Nitrat-Ion, NO_3^- Ammonium-Ion, NH_4^+	Mengenelement; Bestandteil der DNA sowie aller Aminosäuren; Mangel führt zu vermindertem Wachstum
Phosphor, P	Phosphat-Ion, PO_4^{3-}	Mengenelement; DNA-Bestandteil, wichtiger Baustein im Energiehaushalt als Bestandteil des ATPs; Mangel führt zu schwacher Blütenbildung und Fruchtbildung
Eisen, Fe	Eisen-(II)-Ion, Fe^{2+}	Spurenelement; Bestandteil wichtiger Enzyme, die an der Bildung des Chlorophylls beteiligt sind
Magnesium, Mg	Magnesium-Ion, Mg^{2+}	Mengenelement; Bestandteil des Blattfarbstoffs Chlorophyll; beteiligt an zahlreichen weiteren Stoffwechselprozessen
Kalium, K	Kalium-Ion, K^+	Mengenelement; wird benötigt für die Regulierung des Wasserhaushalts und für den Aufbau der Zellwände
Mangan, Mn	Mangan-Ion, Mn^{2+}	Spurenelement; fungiert als Cofaktor vieler Enzyme, zum Beispiel im Citrat-Zyklus; beteiligt an der Chlorophyllsynthese

2 Auswahl von Mengen- und Spurenelementen

Stickstoff nicht möglich. Die übermäßige Aufnahme von Stickstoff führt jedoch zu schnellerem Wachstum, was die Stabilität aller Pflanzenorgane mindert. Durch das Überangebot werden zu viele Proteine gebildet, sodass nicht mehr genügend Energie zur Verfügung steht um das Festigungsgewebe ausreichend zu stärken.

Bedeutung von Phosphor — Phosphor wird nicht in elementarer Form aufgenommen, sondern als anorganische Verbindung Phosphat, PO_4^{3-} . Es ist ein wichtiger Baustein der Nukleinsäuren und spielt als Teil des Adenosin-triphosphats, ATP, eine große Rolle im Energiehaushalt. Liegt Phosphat aber in zu großen Mengen im Boden vor, wird die Aufnahme des Spurenelements Eisen behindert. Im Boden kann dann schwerlösliches Eisenphosphat ausfallen. Die Pflanze kann diese Verbindungen nicht über die Wurzeln aufnehmen. Die Folge sind Mangelercheinungen, die bis zum Absterben der Pflanze reichen können.

Limitiertes Wachstum — Pflanzen benötigen ein optimales Verhältnis der Mengenelemente und Spurenelemente. Ihr Wachstum ist unter anderem durch das am geringsten verfügbare Element beschränkt. Diese **Minimumregel** stellte Justus VON LIEBIG im 19. Jahrhundert auf. Auch Feldpflanzen zeigen Mangelercheinungen, wenn die Elemente nicht in den benötigten Mengen zur Verfügung stehen. Sie müssen dem Boden durch Düngung hinzugefügt werden. Neben stofflichen Faktoren können auch Faktoren wie Licht oder Wärme begrenzend sein.

Optimumregel — Der Landwirtschaftsforscher Georg LIEBSCHER entwickelte die Minimumregel weiter zur **Optimumregel**. Sie besagt, dass derjenige Faktor, der am weitesten vom Optimum abweicht, das Wachstum am stärksten limitiert. Die weitere Zugabe eines Faktors, der bereits in ausreichender Menge vorhanden ist, erhöht das Wachstum nicht mehr und kann es als Stressfaktor sogar hemmen.

MATERIAL MIT AUFGABEN

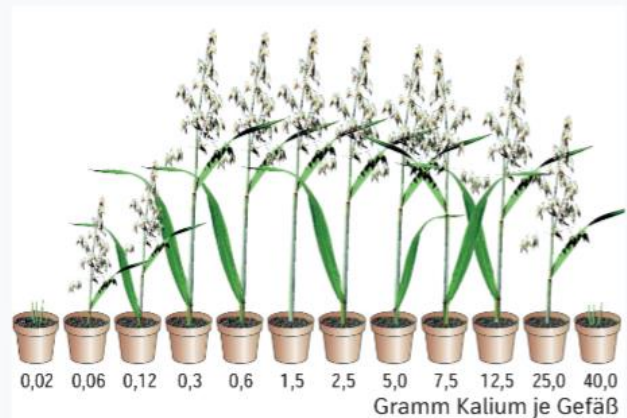
A Minimumtonne



Die Minimumregel nach LIEBIG wird häufig durch ein Modell verdeutlicht, die Minimumtonne. Dieses Modell wird oft auch außerhalb der Biologie in anderen Wissenschaften verwendet.

- 1 Beschreiben Sie die Darstellung. ●●○
- 2 Erklären Sie die Minimumregel anhand der Minimumtonne in eigenen Worten. ●●○

B Kaliumdüngung beim Hafer



In einem Experiment erhalten die Pflanzen jeweils eine optimale Konzentration der nötigen Elemente. Nur die Konzentration an Kalium-Ionen wird variiert.

- 1 Beschreiben Sie den Versuchsaufbau und die Ergebnisse. ●●○
- 2 Erklären Sie die Versuchsergebnisse unter Bezug auf Toleranzkurven sowie auf Minimumregel und Optimumregel. ●●○