

Schwerpunktthema: Waldschadensforschung

Früherkennung von Waldschäden

– Die PEPC-Aktivität als Schadindikator in Fichtennadeln

Sabine Tietz, A. Wild

Institut für Allgemeine Botanik, Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Saarstraße 21, W-6500 Mainz

1 Neuartige Waldschäden

Seit Ende der 70er Jahre werden in Mitteleuropa starke Waldschäden an Nadel- und Laubbäumen beobachtet. Es handelt sich dabei um eine *multifaktoriell bedingte Komplexkrankheit*, wobei *biotische* und *abiotische Stressoren* als Ursachen diskutiert werden.

Eine wichtige Aufgabe der Waldschadensforschung besteht darin, den *physiologische* und *morphologischen Zustand* von ungeschädigten und geschädigten Waldbäumen zu charakterisieren. Erst wenn die Stoffwechselwege und Strukturen eines gesunden Baumes erkannt sind, können Abweichungen bei geschädigten Bäumen erkannt und mit möglichen Ursachen in Verbindung gebracht werden.

Den phänotypisch sichtbaren Schäden bei Waldbäumen gehen *physiologische Veränderungen im Stoffwechsel* voraus. Daher ist es sinnvoll, nach *Frühindikatoren* zu suchen, welche die beginnende Schädigung eines Baumes anzeigen, auch wenn äußere Schadsymptome noch fehlen. Solche Frühindikatoren können eine objektive Beurteilung des Schadzustandes eines Baumes und eine detaillierte Quantifizierung der Schäden ermöglichen.

2 Das Enzym PEPC bei C₃-Pflanzen

Das Enzym Phosphoenolpyruvat-Carboxylase (PEPC) kommt ubiquitär im Pflanzenreich vor, fehlt jedoch in tierischen Geweben. Das Enzym katalysiert die irreversible Carboxylierung von Phosphoenolpyruvat zu Oxalacetat. Bei C₄- und CAM-Pflanzen übernimmt die PEPC die photosynthetische Vorfixierung des CO₂. In C₃-Pflanzen wie der Fichte besteht die Hauptfunktion der PEPC in der anaplerotischen CO₂-Fixierung („Auffüllreaktion“). Dabei nimmt das Enzym durch die Bereitstellung von Oxalacetat als zentralem Metaboliten des Citratcyclus eine Schlüsselposition zwischen dem Kohlenhydrat- und dem Proteinmetabolismus ein.

3 Die PEPC-Aktivität in den Nadeln verschieden geschädigter Fichten

In den Jahren 1987 bis 1990 wurden an fünf verschiedenen Standorten in der Bundesrepublik Deutschland (Hunsrück,

Westerwald, Schwarzwald, Eggegebirge, Rothaargebirge) vergleichende Untersuchungen bezüglich der PEPC-Aktivität an ungeschädigten und geschädigten Fichtenbeständen durchgeführt. Dabei ergaben sich an allen Erntetagen und bei allen Standorten die höheren PEPC-Aktivitäten in den Nadeln der *geschädigten Fichten*. Die Erhöhung der PEPC-Aktivität bei geschädigten Fichten war im Jahresmittel jeweils signifikant und betrug bis zu 100 % (→ *Abb. 1*). Die PEPC-Aktivität scheint somit ein *Schadindikator* bei Fichten zu sein.

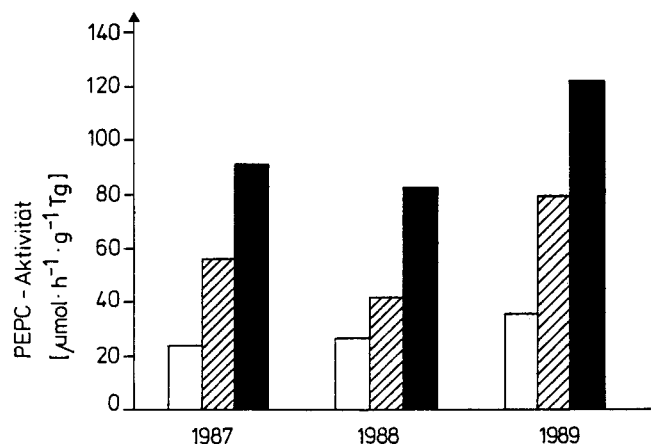


Abb. 1: Jahresmittelwerte der PEPC-Aktivität in den Nadeln verschieden geschädigter Fichten

(□) ungeschädigte Fichten – Schadstufe 0
 (▨) Standort Wallmerod – geschädigte Fichten – Schadstufe 0 – 1
 (■) Standort Hattgenstein – geschädigte Fichten – Schadstufe 2

Die PEPC-Aktivität korreliert jedoch nicht nur mit der vergleichsweise groben Einteilung der Fichten in Schadschadstufen entsprechend der Waldschadenserhebung. Es konnte auch eine signifikante Korrelation der PEPC-Aktivität mit einer differenzierteren *Schadklassifizierung der Nadeln* ermittelt werden (→ *Abb. 2*). Dazu wurden die Nadeln eines jeden Baumes nach Farbe und Schadsymptomen beurteilt und ihnen ein bestimmter Schadindex zugewiesen.

Die PEPC-Aktivität wäre somit als ein quantitativer *Schadindikator in Fichtennadeln* zu bezeichnen und könnte als Frühindikator für eine Schädigung bei Fichten dienen.

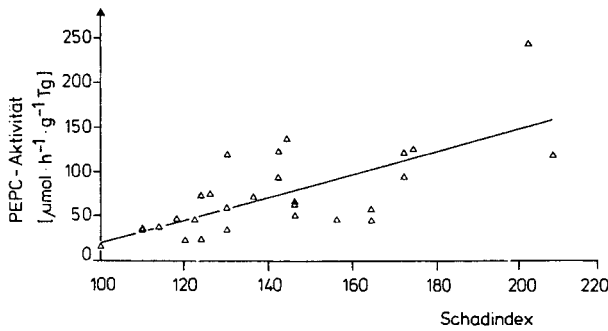


Abb. 2: Korrelation der PEPC-Aktivität und der differenzierten Schadklassifizierung (Schadindex) der Nadeln von 28 Fichten eines Standortes

Korrelationskoeffizient $r = 0.7$

4 Die Funktion der erhöhten PEPC-Aktivität in den Nadeln geschädigter Fichten

In der anaplerotischen CO₂-Fixierung und der Bereitstellung von Oxalacetat als zentralem Stoffwechselmetaboliten ist eine der Hauptfunktionen der PEPC-Reaktion in Fichtennadeln zu sehen.

In Nadeln geschädigter Fichten ist der *interne Stickstoffmetabolismus* erhöht. Ebenso ist die *Dunkelatmung* bei geschädigten Fichten gesteigert. Dies bedingt einen **erhöhten Bedarf an Kohlenstoffverbindungen** des Citratcyclus. Normalerweise werden diese durch photosynthetische Prozesse zur Verfügung gestellt. Bei geschädigten Fichten sind jedoch

sowohl die Komponenten der *Thylakoidmembran* als auch die *Photosyntheserate* gegenüber ungeschädigten Fichten erniedrigt. Die erhöhte PEPC-Aktivität in den Nadeln geschädigter Fichten könnte somit einen **Reparaturmechanismus** darstellen und den erhöhten Bedarf an Kohlenstoffverbindungen kompensieren.

Danksagung

Diese Studie wurde vom Bundesumweltamt Berlin, Förderungsnr. 108 03 046/16, dem KfK-PEF Karlsruhe „Europäisches Forschungszentrum für Maßnahmen zur Luftreinhaltung“ Förderungsnr. 88/007/1A sowie dem Forschungsschwerpunkt des Landes Nordrhein-Westfalen „Luftverunreinigungen und Waldschäden“ unterstützt.

5 Literatur

Diese Referenzen enthalten weitere Informationen und zahlreiche Literaturangaben.

TIETZ, S.; A. WILD: Investigations on the phosphoenolpyruvate carboxylase activity of spruce needles relative to the occurrence of novel forest decline. *J. Plant Physiol.*, 1990 (in press)
 WILD, A.; W. FORSCHNER: Vergleichende physiologische und biochemische Untersuchungen an immissionsgeschädigten Fichten im Zusammenhang mit den neuartigen Waldschäden an einem Standort im Nordschwarzwald. 6. Statuskolloquium des PEF vom 6. bis 8. März 1990. KfK-PEF 61, 297 – 309 (1990)
 WILD, A.; W. FORSCHNER; V. SCHMITT: Physiologische, biochemische und cytomorphologische Untersuchungen an immissionsbelasteten Fichten. Forschungsendbericht für das Umweltbundesamt Berlin (1990)

Glossar. C₃-Pflanzen bilden als Primärprodukt der CO₂-Fixierung 3-Phosphoglycerat. – C₄-Pflanzen bilden als Primärprodukt der CO₂-Fixierung die C₄-Säuren Malat oder Aspartat. – CAM-Pflanzen nehmen nachts CO₂ von der Umgebung auf und fixieren es auf den Stufen von C₄-Säuren (Malat) vor. Im Licht (bei

Tag) wird das vor-fixierte CO₂ in der Zelle frei und direkt in den Calvin-Zyklus eingeschleust. – Thylakoide sind die Photosynthesenmembranen in den Chloroplasten, in denen die Umwandlung der absorbierten Lichtenergie in chemische Energie stattfindet.

Immissionsökologisches Wirkungskataster Baden-Württemberg 1989

– 6. Jahresbericht der Landesanstalt für Umweltschutz*

1 Einleitung

Die Landesanstalt für Umweltschutz arbeitet seit 1984 im Rahmen des Immissionsökologischen Wirkungskatasters an einer landesweiten *ökologischen Zustandserfassung Baden-Württembergs*. Dieses natürliche Frühwarnsystem für die Gefährdung der Ökosysteme durch Schadstoffe aus der Luft basiert auf der Untersuchung sog. „Bioindikatoren“, Organismen, die auf Immissionen in typischer Art und Weise reagieren und somit eine *Bewertung von Umwelt Risiken* für die Natur erlauben. Darüber hinaus ermöglicht das Wirkungskataster langfristig eine *Qualitätskontrolle* hinsichtlich der Auswirkungen von Emissionsminderungsmaßnahmen.

2 Jahresbericht 1989

Die *Eröffnungsbilanz der ökologischen Zustandserfassung* wurde mit dem Untersuchungsjahr 1988 abgeschlossen (LFU 1989; ZIM-

MERMANN 1989). Damit war der erste Teil eines Wirkungskatasters, die *Ermittlung der Basiskenngröße*, erfüllt. Das Jahr 1989 wurde zur Bearbeitung einer Reihe von Spezialfragen genutzt. Ziel war es, die vorhandenen Daten kritisch zu sichten, durch gezielte Forschungsprogramme zu vervollständigen und aus den vorhandenen Erkenntnissen Rückschlüsse für das weitere Untersuchungskonzept zu ziehen. Daneben erfolgte die Auswertung der noch nicht veröffentlichten Meßdaten aus den Jahren 1987/88 der *Wald-Dauerbeobachtungsflächen* mit der ersten Wiederholungsbeprobung zur Stoffakkumulation in der Kraut- und Baumschicht sowie den Ergebnissen des *Rehnierenprojekts* (*Einzelheiten zu diesem Projekt sowie auch zum Gewässeruntersuchungsprogramm 1989 wollen bitte dem ausführlichen Bericht entnommen werden*).

Die ersten Untersuchungsergebnisse zum Wirkungskataster ergaben bei den *anorganischen Schadstoffkomponenten* einen Belastungszustand der naturnahen *Waldökosysteme* auf *allgemein niedrigem Niveau*. Bestätigt werden diese Erkenntnisse durch die im vorliegenden Bericht zusammengestellten Daten der ersten Wie-

* Bezug durch: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Griesbachstr. 3, W-7500 Karlsruhe 21