Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss foresty journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 140 (1989)

Heft: 6

Artikel: Die räumliche Variabilität des pH im Oberboden und die Nachweisbarkeit von zeitlichen pH-Änderungen

Autor: Schnider, François / Attinger, Werner / Flühler, Hannes

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-764236

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Die räumliche Variabilität des pH im Oberboden und die Nachweisbarkeit von zeitlichen pH-Änderungen

Oxf.: 114.25:114.231:(494.34)

Von *François Schnider, Werner Attinger* und *Hannes Flühler*
(Aus dem Institut für Wald- und Holzforschung der ETH Zürich,
Fachbereich Bodenphysik, CH-8092 Zürich)

1. Ursachen und Wirkungen der Bodenversauerung

Im humiden Klimabereich ist die langsame Versauerung der Böden ein natürlicher Vorgang. Selbst ohne anthropogenen Säureeintrag werden durch die Niederschläge Kalk und basisch wirkende Kationen ausgewaschen. Auch die CO_2-Produktion durch die Atmung der Bodenorganismen und Pflanzenwurzeln sowie die Humifizierung organischer Substanz führen mit der Zeit zu einer natürlichen pH-Abnahme. Diese erfolgt allerdings sehr langsam, da die Böden über eine hohe Pufferkapazität verfügen. Zur natürlichen Versauerung tritt in der Neuzeit die Zufuhr anthropogener Säuren (H_2SO_4, HNO_3, HCl) und anderer letztlich säurebildender Luftverunreinigungen (NH_4). Diese bewirken eine unerwünschte Beschleunigung der Bodenversauerung. In der Tat konnten verschiedene Autoren Absenkungen des pH-Wertes während der letzten Jahrzehnte nachweisen (*Ulrich* und *Meyer,* 1987; *Butzke,* 1988).

Verschiedene Bodenbildungsprozesse wie die chemische Verwitterung, die Neubildung von Mineralen, die Gefügebildung und die Tonverlagerung sowie Vorgänge, die das Pflanzenwachstum direkt betreffen wie die Freisetzung von Nährstoffen und von Schadstoffen, sind in hohem Masse vom Versauerungszustand (pH) des Bodens abhängig.

Nicht alle Vorgänge haben ihr Optimum beim selben pH; gesamthaft ist ein pH von etwa 5,0 bis 7,5 am günstigsten. Sowohl extrem saure als auch extrem basische Verhältnisse sind ungünstig. Bei starker Versauerung wird das Pflanzenwachstum durch die Auswaschung von Nährstoffen sowie durch die Aluminiumtoxizität eingeschränkt.

2. Zielsetzung und Methoden

Die Untersuchungen galten der Erfassung des Zustandes der Bodenversauerung im Jahre 1984 und der Frage, ob sich pH-Änderungen kurzfristig, das heisst in der Zeit von 1984 bis 1987, überhaupt nachweisen lassen.

Die pH-Messungen beschränkten sich auf die obersten 20 bis 30 cm des Bodens, also auf die Horizonte, die am stärksten bewurzelt und von den Vorgängen in der Atmosphäre am direktesten betroffen sind.

Die Probenahme auf den Beobachtungsflächen erfolgte im Herbst 1984 in einer Weise, die es erlauben sollte, die räumliche Variabilität des pH zu erfassen: Auf Messlinien zwischen je zwei Bäumen wurden je 7 Bohrkerne in gleichmässigen Abständen gesammelt. Die Buchenflächen wiesen je 4 Messlinien und die Fichtenflächen deren zwei auf. Die Länge der einzelnen Messlinien lag zwischen 2,9 und 8,7 m. Die Bohrkerne hatten einen Durchmesser von 7 cm und reichten bis in eine Tiefe von maximal 30 cm. Für die Analysen wurden sie in die folgenden Teilproben unterteilt: Streuauflage, 0 bis 2 cm, 2 bis 5 cm, 5 bis 10 cm und in weitere Abschnitte von 5 cm *(Abbildung 1)*. Die Messung des pH-Wertes erfolgte in 0,01 M $CaCl_2$-Lösung.

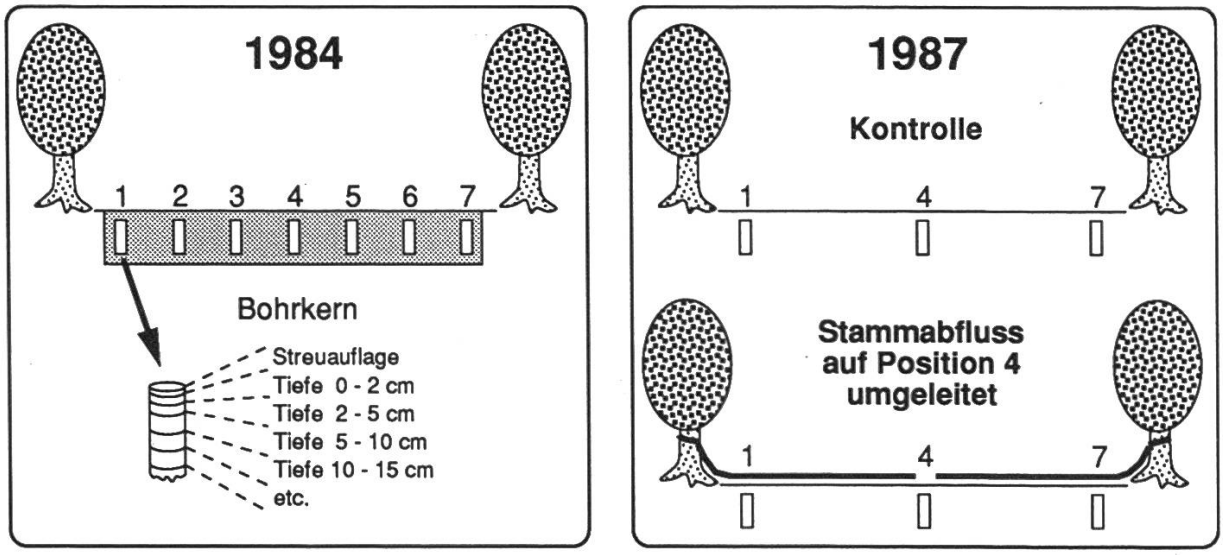

Abbildung 1. Schema der Probenahmen 1984 und 1987. Das gerasterte Feld im Bereich der Bohrkerne entspricht den in *Abbildung 2* dargestellten Schraffendiagrammen.

Für den Nachweis einer zeitlichen pH-Veränderung wurden im Herbst 1987 auf zwei Messlinien pro Buchenfläche erneut Bodenproben wie im Jahre 1984 entnommen, jedoch nur an den stammnahen Positionen 1 und 7 sowie an der stammfernen Position 4 *(Abbildung 1)*. Dabei war auf der einen Messlinie das Stammabflusswasser von Herbst 1984 bis Herbst 1987 zur stammfernen Position 4 umgeleitet worden, während die andere Messlinie (Kontrolle) unbeein-

flusst war. Die Umleitung des Stammabflusswassers bezweckte eine künstliche Erhöhung des Säureeintrages in den stammfernen Bereich. Sollte nach drei Jahren auch an diesen Stellen keine signifikante pH-Änderung nachweisbar sein, so musste dies erst recht für alle übrigen Stellen mit unbeeinflusstem Stoffeintrag der Fall sein.

3. Ergebnisse

3.1 Der Zustand 1984 (räumliche Variabilität)

Die 1984 gemessenen pH($CaCl_2$)-Werte bewegen sich im Bereich von 2,74 bis 7,80. Der häufigste Wert liegt auf den Buchenflächen bei 3,9, auf den Fichtenflächen bei 3,4. Die Hälfte der Werte ist auf den Buchenflächen kleiner als 4,1, auf den Fichtenflächen kleiner als 3,6. Dies bedeutet, dass der Oberboden im Untersuchungsgebiet mehrheitlich pH-Werte aufweist, die leicht bis stark unter dem Optimum liegen, wobei die Fichtenflächen generell saurer sind als die Buchenflächen.

Diese Angaben zeigen, mit welchen pH-Verhältnissen im Untersuchungsgebiet zu rechnen ist. Neben dem Ausmass der Versauerung des Bodens fällt deren hohe Variabilität auf. Erhebliche kleinräumige Unterschiede über mehr als 2 pH-Einheiten lassen sich indessen auch auf einzelnen Untersuchungsflächen und sogar auf einzelnen Messlinien nachweisen. *Abbildung 2* gibt einen Eindruck über die kleinräumige Variabilität: Am Beispiel von Stammheim wird die Heterogenität einer Buchenfläche dargestellt. Die Linien 5 und 6 mit pH-Werten meist über 6 sind von den Linien 7 und 8 mit pH-Werten um 4 nur knapp 50 m entfernt.

Das Beispiel Zürichberg zeigt, dass auch innerhalb einer Messlinie pH-Unterschiede um mehr als 3,5 Einheiten auftreten können (Linie 7). Hier fällt die Abnahme des pH im Stammfussbereich der Bäume auf, die die Messlinien begrenzen.

3.2 Die zeitliche Variabilität des Boden-pH auf den Buchenflächen

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf die Gesamtheit der pH-Daten sämtlicher Standorte.

In der Zeit von Herbst 1984 bis Herbst 1987 hat sich der pH des Oberbodens nicht signifikant verändert. Auf den Kontrollmesslinien ist zwar ein leichter Anstieg des pH zu verzeichnen, doch sind die Streuungen sehr gross *(Abbildung 3)*. Die Häufigkeitsverteilungen der pH-Änderungen (ΔpH) weisen sowohl in Stammnähe wie auch stammfern ihr Maximum bei ΔpH zwischen 0 und 0,25 auf.

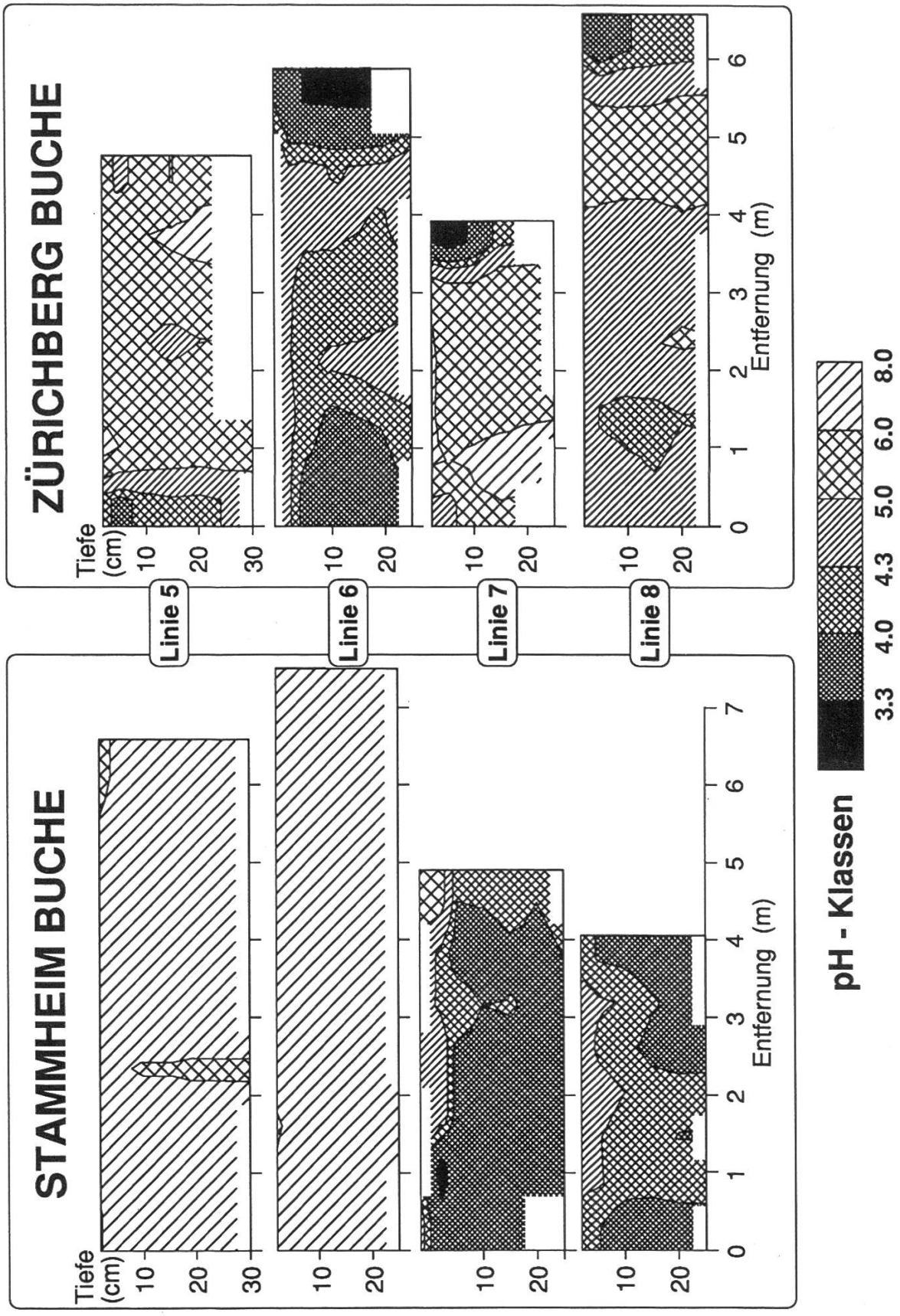

Abbildung 2. Räumliche Variabilität des pH auf den Messlinien der Buchenflächen «Stammheim» und «Zürichberg».

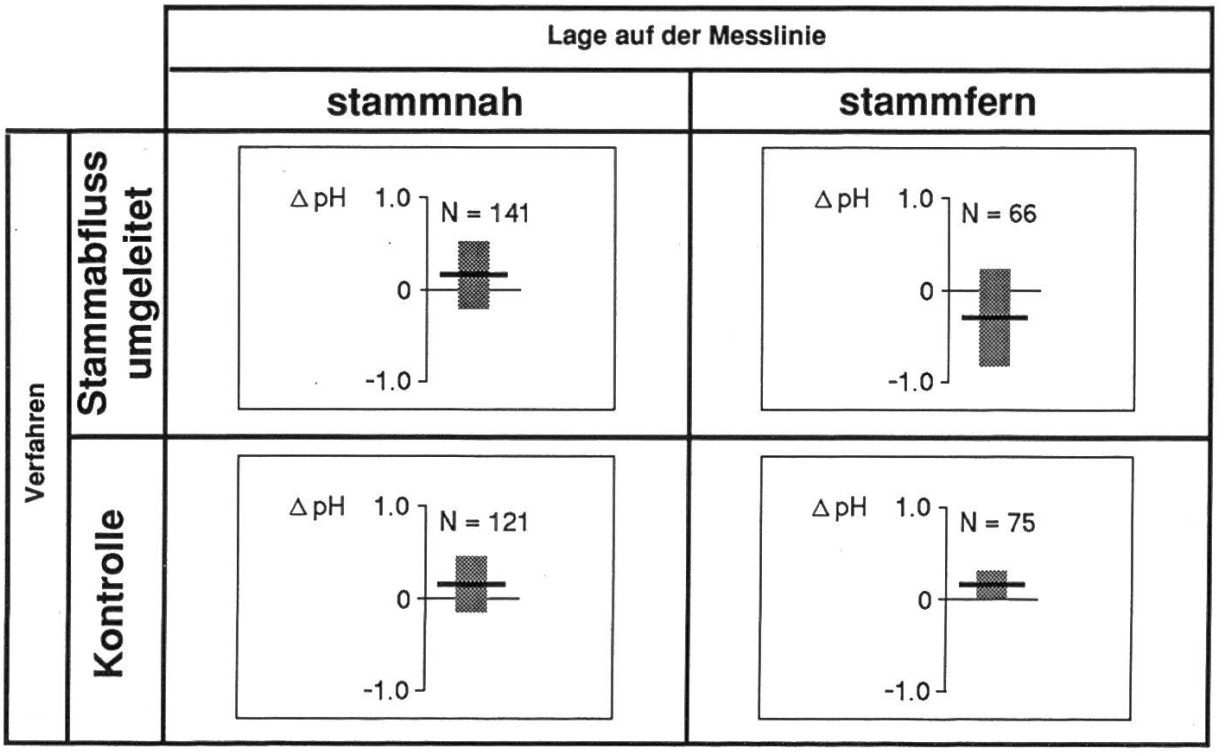

Abbildung 3. Mittlere pH-Änderungen ($\Delta pH = pH_{1987}\text{-}pH_{1984}$) und ihre Vertrauensintervalle ($\Delta pH \pm 2\sigma_{\Delta pH}$). N = Anzahl Messwerte.

An den Messlinien, bei denen das Stammabflusswasser umgeleitet wurde, muss zwischen stammnahen und stammfernen Bereichen unterschieden werden: Im stammnahen Bereich wurde wie auf den Kontrollmesslinien ein leichter pH-Anstieg mit der grössten Häufigkeit im Bereich von ΔpH 0 bis 0,25 beobachtet. Im stammfernen Bereich, wohin das Stammabflusswasser umgeleitet worden war, nahm der pH hingegen im Durchschnitt leicht ab, obwohl auch hier die Häufigkeitsverteilung der pH-Änderung ihr Maximum bei ΔpH zwischen 0 und 0,25 aufweist.

Mit Hilfe der Varianzanalyse konnten signifikante Einflüsse der Verfahren (Umleitung des Stammabflusswassers bzw. Kontrolle) und der Position (stammnah bzw. stammfern) auf die pH-Änderungen nachgewiesen werden. Diese Faktoren erklären zusammen 15% der Varianz.

Es besteht kein deutlicher Zusammenhang zwischen der pH-Änderung und dem Ausgangs-pH, doch es zeichnet sich eine Tendenz zu stärker negativen ΔpH (= Versauerung) im Silikatpufferbereich ($pH(CaCl_2) \sim 4{,}4-5{,}6$) ab, was auf ein hier geringes Pufferungsvermögen hinweist *(Abbildung 4)*.

Die Feststellung, dass der pH auf den Kontrollmesslinien innerhalb dreier Jahre nicht abgenommen hat, bedeutet nicht, dass in dieser Zeit kein Säureeintrag aus der Atmosphäre stattgefunden hat. Dieser wurde lediglich abgepuffert. An jenen Stellen hingegen, wo mit dem umgeleiteten Stammabflusswasser

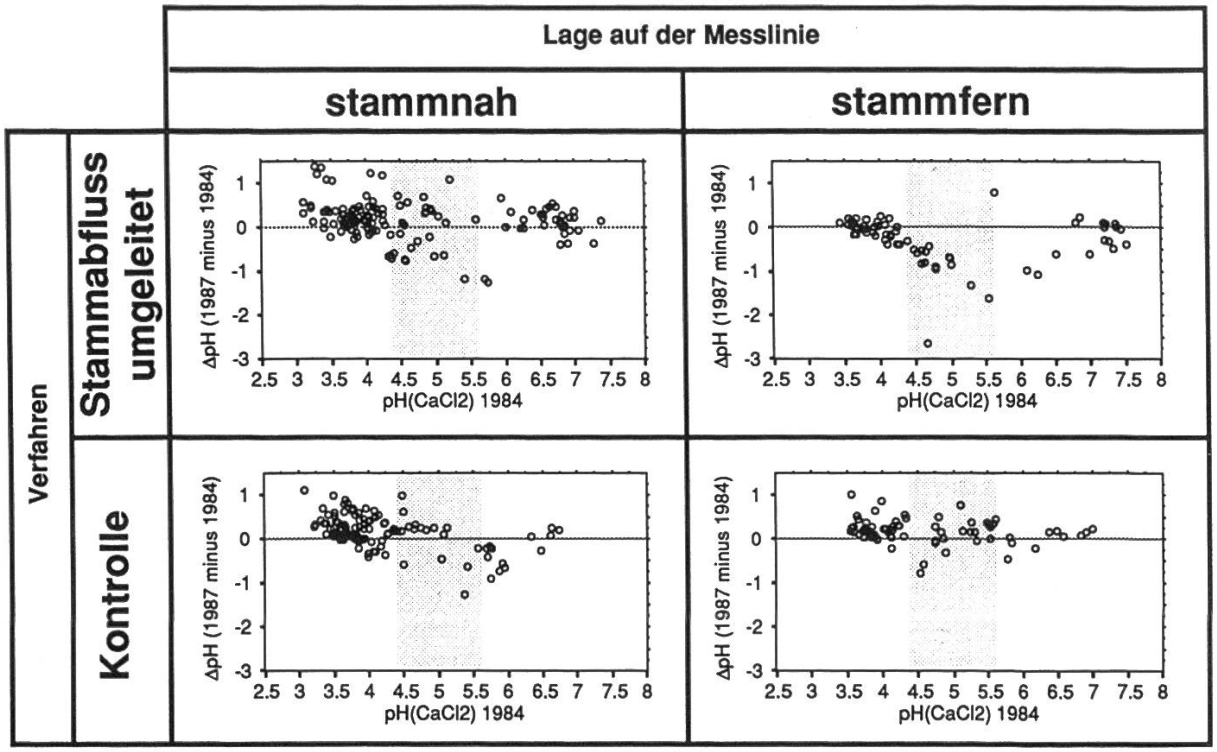

Abbildung 4. pH-Abhängigkeit der pH-Änderungen. Das gerasterte Gebiet entspricht dem Silikatpufferbereich.

ein Mehrfaches der normalen Stofffrachten in den Boden infiltrierte, reichte die Pufferkapazität des Bodens oft nicht aus, was zu einer messbaren pH-Senkung namentlich im pH-empfindlichen Silikatpufferbereich führte. Der leichte pH-Anstieg auf den Kontrollmesslinien wird als Folge der 1987 im Vergleich zu 1984 kühleren und feuchteren Witterung interpretiert.

4. Schlussfolgerungen

Aus den Untersuchungen zur Verteilung des pH im Oberboden können die folgenden Schlüsse gezogen werden:

- Bei der Beurteilung von Waldstandorten muss die sehr grosse räumliche Variabilität des pH berücksichtigt werden.
- Die hohe räumliche Variabilität, das Pufferungsvermögen der Böden und jahreszeitlich bzw. klimatisch bedingte Schwankungen des pH verunmöglichen den Nachweis der Bodenversauerung innerhalb kurzer Zeiträume (~ 5 Jahre).
- Unter natürlichen Bedingungen muss im Stammfussbereich mit erhöhtem Säureeintrag durch das Stammabflusswasser gerechnet werden.

Résumé

La variabilité de l'acidité du sol

Des analyses du pH du sol effectuées en 1984 sur tous les emplacements forestiers du projet cantonal montrent une très importante variabilité locale de l'acidité, dépassant souvent deux unités de pH. Cette variabilité ainsi que le système tampon du sol empêchent la détection d'une augmentation de l'acidité du sol entre 1984 et 1987.

Literatur

Butzke, H. (1988): Zur zeitlichen und kleinräumigen Variabilität des pH-Wertes in Waldböden Nordrhein-Westfalens. Forst und Holz, *43,* 4: 81–85.

Ulrich, B., Meyer, H. (1987): Chemischer Zustand der Waldböden Deutschlands zwischen 1920 und 1960, Ursachen und Tendenzen seiner Veränderung. Göttingen, 133 S. (Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme/Waldsterben, Reihe B, Bd. 6.)