

Sickerwasseruntersuchungen im grundwasser- schutzorientierten Waldumbau

Sachstandsbericht

Juni 2010



Sickerwasseruntersuchungen im grundwasserschutz- orientierten Waldumbau

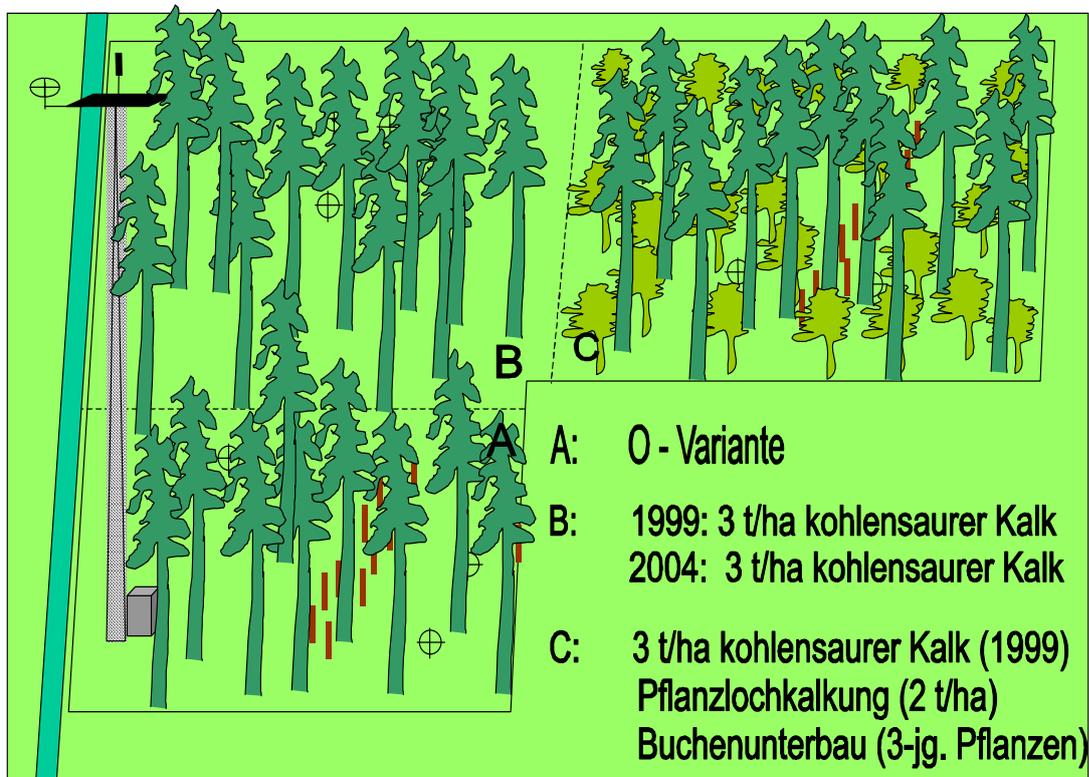
1 Vorbemerkungen

Ungünstige Bodenverhältnisse und langfristig hohe Luftschadstoffeinträge haben zu einer Anreicherung von Säuren, Schwefel- und Stickstoffverbindungen in den Waldböden Nordwestdeutschlands geführt. Zur Sicherung der ökologischen und wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit insbesondere der Nadelwälder besteht daher ein großer Bedarf die Standortqualität zu verbessern. Hierzu zählen in erster Linie Bodenschutzkalkungen sowie der Umbau von Koniferenbeständen zu Laubwald- und Laubwaldmischbeständen.

Mit derartigen Maßnahmen verbunden können jedoch erhebliche Veränderungen des Stoffhaushaltes sein, die generell relativ langsam ablaufen, oftmals jedoch irreversibel sind.

Zur Ermittlung dieser Maßnahmen auf die Sickerwasserqualität eines Kiefern-Reinbestandes schwacher Standorte (Nährstoffzahl: 2+) werden seit 1999 Untersuchungen im WSG Sandkrug durchgeführt (Versuchsaufbau s. Abbildung 1). Dieses WSG zeichnete sich durch sehr niedrige Nitratkonzentrationen im Sickerwasser unter den Waldbeständen aus.

Die in den zurückliegenden Berichten vorgelegten Ergebnisse zeigten einen deutlichen aber nur kurzzeitigen Anstieg der Nitratgehalte im Sickerwasser nach der Umbau- und Kalkungsmaßnahme, der eine Normalisierung folgte. Die hier vorgelegten Ergebnisse beschreiben die weitere Entwicklung der Stoffflüsse wichtiger Nähr- bzw. Schadstoffe in der Sickerperiode 2009/2010.



⊕ Sickerwassermessstellen ▮ Niederschlagsnehmer

Abbildung 1: Versuchsanordnung im WSG Sandkrug

2 Ergebnisse

2.1 Bestandesentwicklung

Nach der Pflanzung im Jahr 1999 hat sich die Buchenpflanzung trotz ungünstiger Standortbedingungen sehr positiv entwickelt. Hierzu beigetragen haben die vorausgegangene Pflanzloch- und Flächenkalkung und der Einsatz des Pflanzverfahrens mittels LOBO-Technik. Mittlerweile hat der Bestand – anders als in Abbildung 1 skizziert – mit einer Oberhöhe von 4 bis 5 Metern das Dickungsstadium erreicht (Abbildung 2). Die noch im Vergleichsbestand vorhandene moos- und heidelbeerreiche Bodenvegetation ist unter dem schattenspendenden Kronendach der Buchen und Kiefern nahezu vollkommen verschwunden. In dem ausschließlich gekalkten

Kiefernbestand setzt sich der bereits kurz nach der ersten Kalkung begonnene Vegetationswandel weiter fort. Stellenweise herrschen hier Himbeere (*Rubus idaeus*) und Brombeere (*Rubus fruticosus agg.*) großflächig vor.



Abbildung 2: Blick auf den Buchenunterbau

2.2 Langzeittrend der atmosphärischen Stickstoffeinträge

Unter den Ursachen hoher Nitratausträge unter Wald spielen auch atmosphärische Stickstoffeinträge eine wichtige Rolle. Abbildung 3 veranschaulicht den Verlauf der atmosphärischen N-Depositionen in den Waldbestand (Vergleich) seit 1996. Die Grafik zeigt eine große Streuung der N-Depositionen mit Werten zwischen 18 und 32 kg ha⁻¹ a⁻¹, wie sie auch in anderen Beständen dieser Region festgestellt wurden. Die vornehmlich witterungsbedingten Schwankungen weisen einen nur schwach rückläufigen Trend auf.

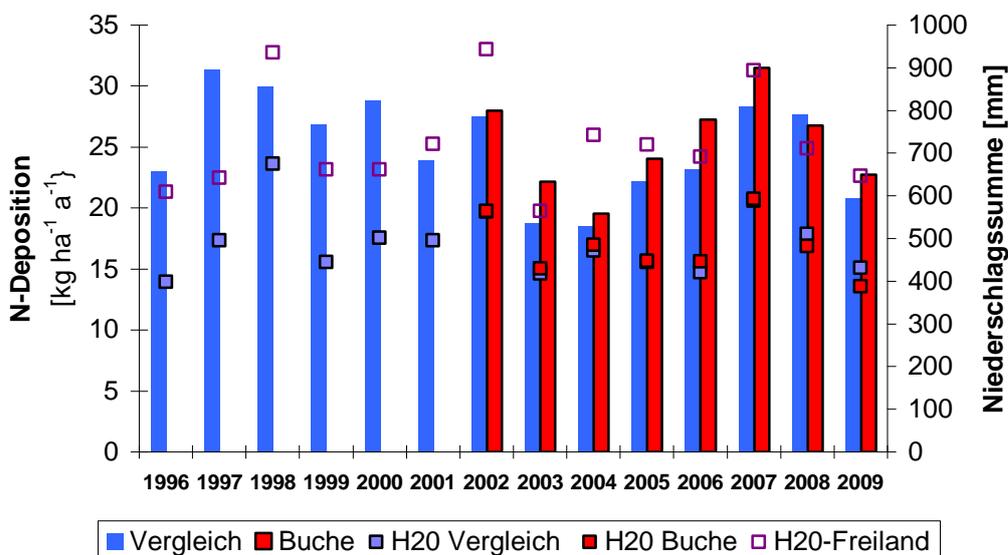


Abbildung 3: Verlauf der N-Depositionen in beiden Versuchsbeständen sowie die gefallenen Niederschlagsmengen im Freiland (H2O-Freiland) und unter den Baumkronen (H2O-Vergleich, H2O-Buche)

Allerdings liegt das Mittel der vergangenen 5 Jahre mit 25 kg ha⁻¹ a⁻¹ noch deutlich über dem N-Bedarf des Baumbestandes von 10 bis 15 kg ha⁻¹ a⁻¹, wodurch es weiterhin zu einem N-Überschuss kommt. Im vergangenen Jahr war das Niveau der N-Depositionen im Vergleichsbestand mit 21 kg ha⁻¹ a⁻¹ auffallend niedrig. Ursache hierfür ist u.a. der geringe Jahresniederschlag (Freiflächenniederschlag: 674 mm). Ein weiterer Grund ist der zunehmende Kronenschluss des Kiefernbestandes. Hier-

durch hat der Wasserverlust im Kronenraum (Interzeption) in den vergangenen Jahren signifikant zugenommen.

Der Einfluss der Bestandesstruktur auf den Stoffhaushalt wird ebenfalls deutlich beim Vergleich der N-Depositionen und der Niederschlagsmengen im Buchenunterbau (Abbildung 3). Die unter dem Kieferschirm zusätzliche Niederschlags-Interzeption von den teilweise über 5 Meter hohen Buchen spielt inzwischen eine nennenswerte Rolle. Im Vergleichsbestand fielen ca. 243 mm, im Buchenunterbau 286 mm weniger Niederschläge auf den Waldboden als auf Freiflächen (2009: 674mm). Dennoch liegen die mit dem Niederschlagswasser transportierten N-Depositionen im Unterbau auf einem geringfügig höheren Niveau, dass mit steigender Tendenz gegenwärtig 10% über dem des Vergleichsbestandes liegt. Dies resultiert aus der zusätzlichen Auskämmung von Luftschadstoffen des Buchenunterbaus, wodurch die Stoffkonzentrationen z.B. von Ammonium und Nitrat im Niederschlagswasser mit dem Buchenwachstum in den letzten Jahren zunahmen.

2.3 Stoffausträge über das Sickerwasser

2.3.1 Nitrat

Abgesehen von dem kurzfristigen Anstieg der Nitratkonzentration unmittelbar nach der Kalkung und der Pflanzung blieben die Nitratwerte in allen Versuchsvarianten – auch nach wiederholter Kalkung – in 1,2 m Bodentiefe auf einem sehr niedrigen Niveau (Abbildung 4). In diesem Frühjahr war jedoch ein deutlicher Anstieg im Buchenunterbau und der Kalkung festzustellen. Diesem Umstand ist aufgrund der großen natürlichen Schwankungen noch keine besondere Bedeutung beizumessen. Möglicherweise kommen hier Effekte des extremen Winters auf den Boden verzögert zum Ausdruck.

Auch in 250 cm Tiefe war Anfang 2010 ein deutlicher Nitratanstieg zu verzeichnen (Abbildung 5). In dieser Tiefenstufe war allerdings auch das Sickerwasser im Vergleichsbestand betroffen. Während hier im Vergleich zu den Vorjahren relativ hohe

NO₃-Konzentrationen von 7 bis 9 mg l⁻¹ festgestellt wurden, blieben die Nitratwerte im Buchenunterbau auf dem gewohnt niedrigen Niveau von unter 1 mg l⁻¹.

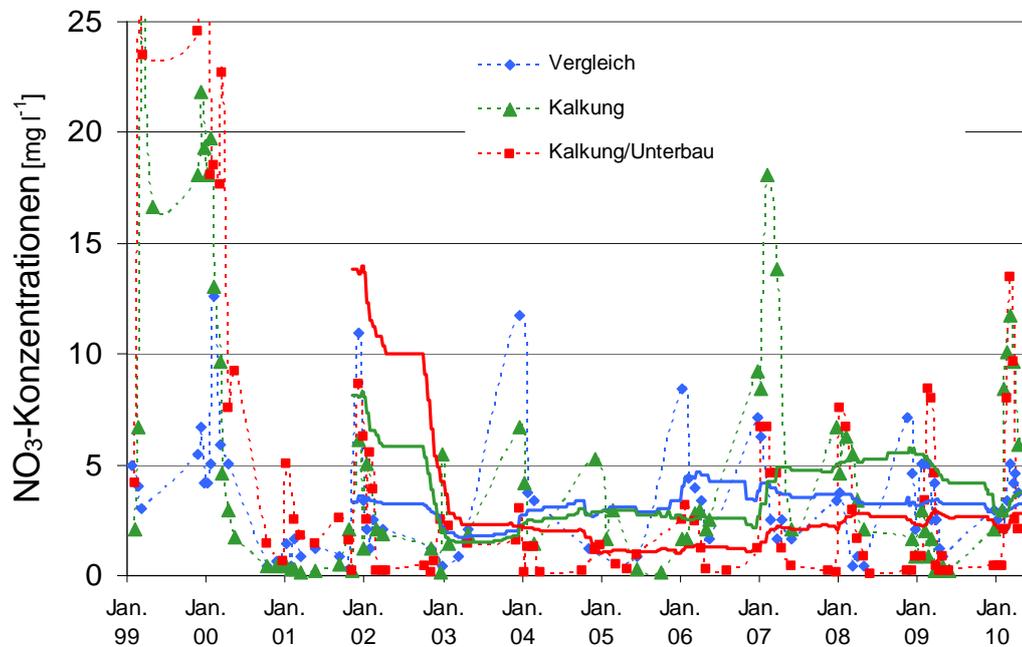


Abbildung 4: Verlauf der Nitratkonzentrationen im Sickerwasser in 1,2 m Tiefe unter Wald (durchgezogene Linie: Trendlinien).

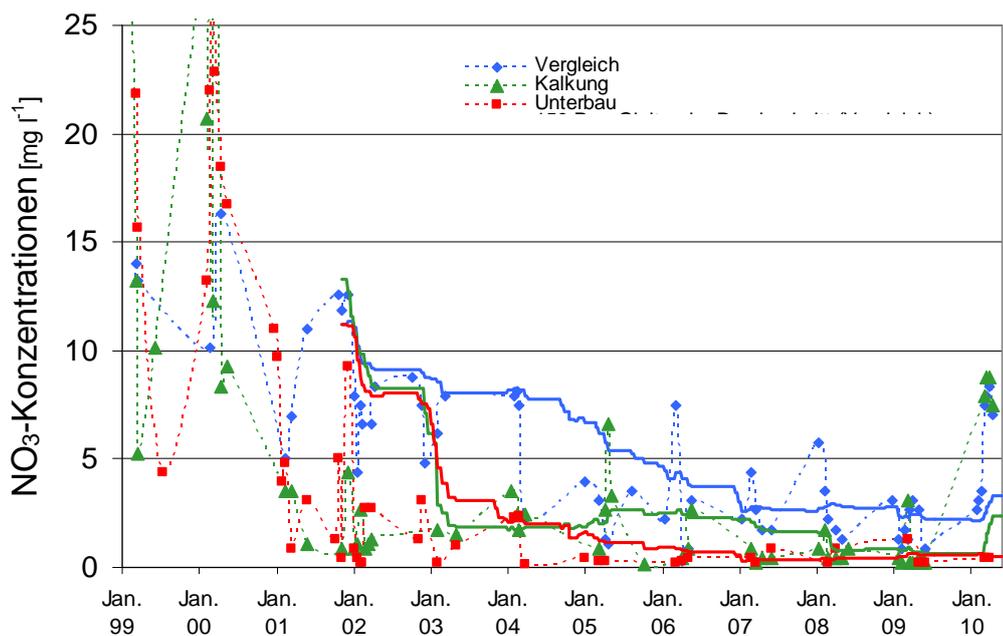


Abbildung 5: Verlauf der Nitratkonzentrationen im Sickerwasser in 2,5 m Tiefe unter Wald (durchgezogene Linie: Trendlinien).

2.3.2 Acidität

Durch die langfristig starke Versauerung der Böden mit pH-Werten von ca. 3,7 (Bodentiefe: 0-30 cm) hat auch das Sickerwasser ein sehr niedriges pH-Niveau von zeitweilig deutlich unter 4,4 erreicht. Die Versauerungsfront liegt vermutlich weit unter der maximalen Messtiefe 2,5 Meter. Die Streuung der pH-Werte ist naturgemäß sehr hoch und beträgt in allen Versuchsvarianten bis zu eine pH-Stufe. Das Niveau der pH Werte unterscheidet sich zwischen den Versuchsvarianten jedoch signifikant und liegt in 1,2 m Bodentiefe der gekalkten und unterbauten Bestände ca. 0,2 pH-Stufen über der Acidität des Sickerwassers im Vergleichsbestand (Abbildung 6).

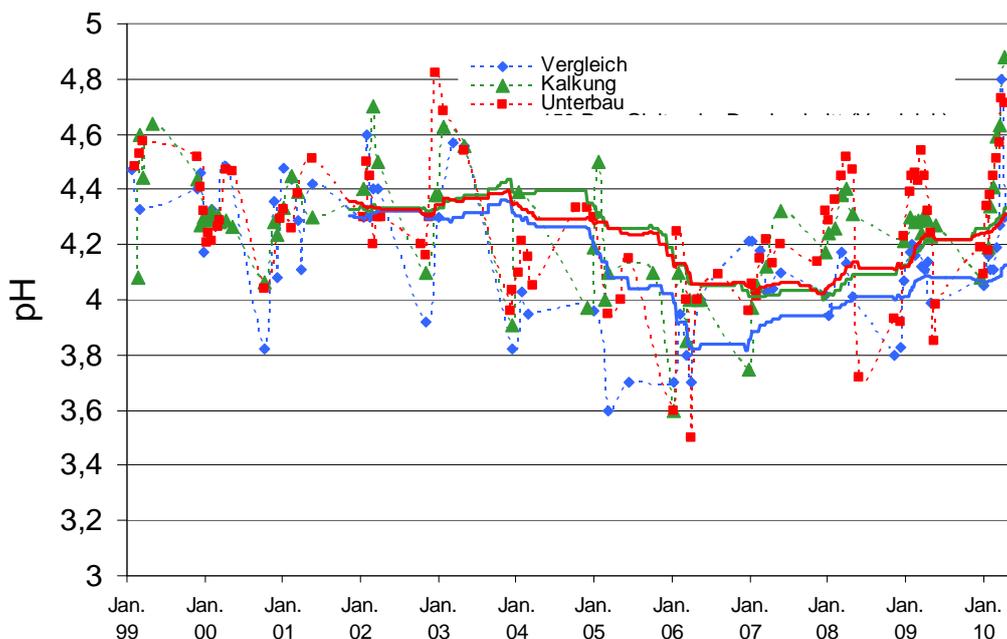


Abbildung 6: Verlauf der pH-Werte im Sickerwasser in 1,2 m Tiefe unter Wald (durchgezogene Linie: Trendlinien).

In 2,5 m Meter Bodentiefe verhält es sich dagegen umgekehrt. Hier ist der Versauerungsgrad des Sickerwassers in der Kalkung und dem des Unterbaus mit pH-Werten von 4,1 und 3,9 (Abbildung 7) deutlich stärker ausgeprägt. Die Streuung der pH-Werte ist in dieser Bodentiefe insgesamt geringer. Der auffällige pH-Anstieg der letzten Monate in 1,2 m Tiefe blieb in dieser Tiefenstufe nahezu aus.

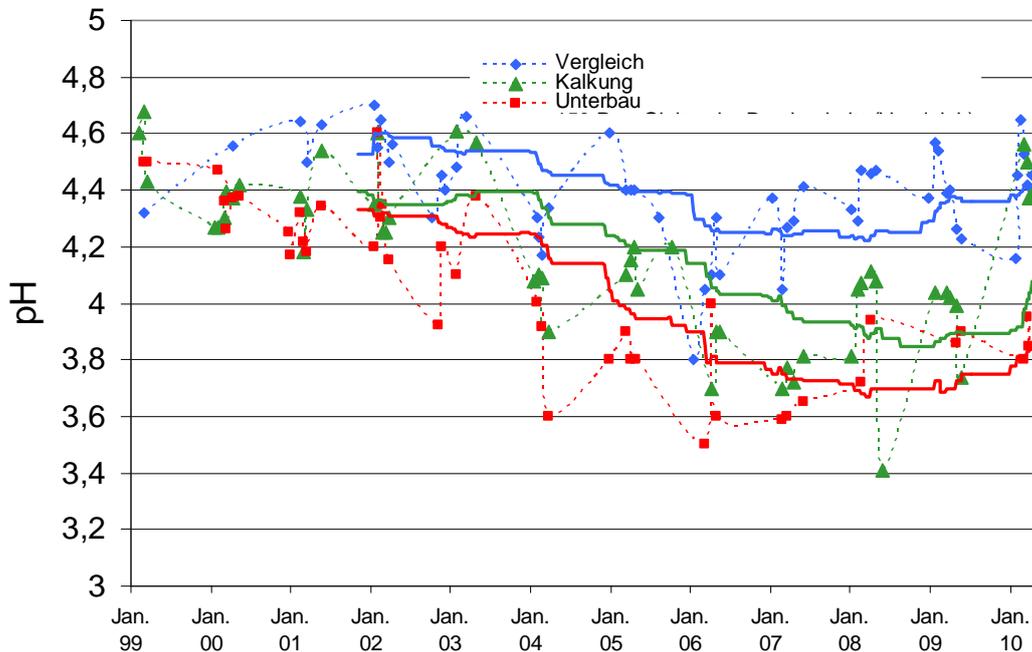


Abbildung 7: Verlauf der pH-Werte im Sickerwasser in 2,5 m Tiefe unter Wald (gestrichelt: Trendlinien).

2.3.3 Aluminium

Mit der hohen Bodenacidität und der daraus resultierenden Mineralverwitterung geht die Freisetzung von Aluminium ins Bodenwasser einher. Entsprechend hoch sind die festgestellten Aluminiumkonzentrationen in beiden Bodentiefen (Abbildung 8 und Abbildung 9). Dass niedrige pH Werte nicht immer mit hohen Al-Konzentrationen korrespondieren, wird besonders an den in 1,2 m Tiefe festgestellten Werten deutlich. Im Vergleichsbestand liegen die Al-Konzentration trotz hoher Acidität des Sickerwassers auf dem niedrigsten Niveau. Vermutlich sind intensivere Austausch- und Lösungsprozesse von Aluminium im Boden der anderen Versuchsvarianten verantwortlich für die deutlich höheren Al-Gehalte im Sickerwasser.

Auch die in 2,5 m Tiefe gegenüber dem Vergleichsbestand deutlich erhöhten Al-Konzentrationen ist vermutlich die Folge einer verstärkten Mobilisierung und Verlagerung von Aluminium aus den darüber liegenden Tiefenstufen. Besonders ausgeprägt ist dieses Phänomen im Buchenunterbau. Die Al-Konzentrationen betragen hier ein

Mehrfaches der im Vergleichsbestand ermittelten Werte. Die Ursache hierfür ist noch zu klären. Möglicherweise steht die in den letzten Jahren festgestellte leichte Verbräunung des Sickerwassers hiermit in Zusammenhang. Dabei kann es sich um organische Wurzelexsudate der Buchen handeln, welche die Löslichkeit Aluminiums erhöhen.

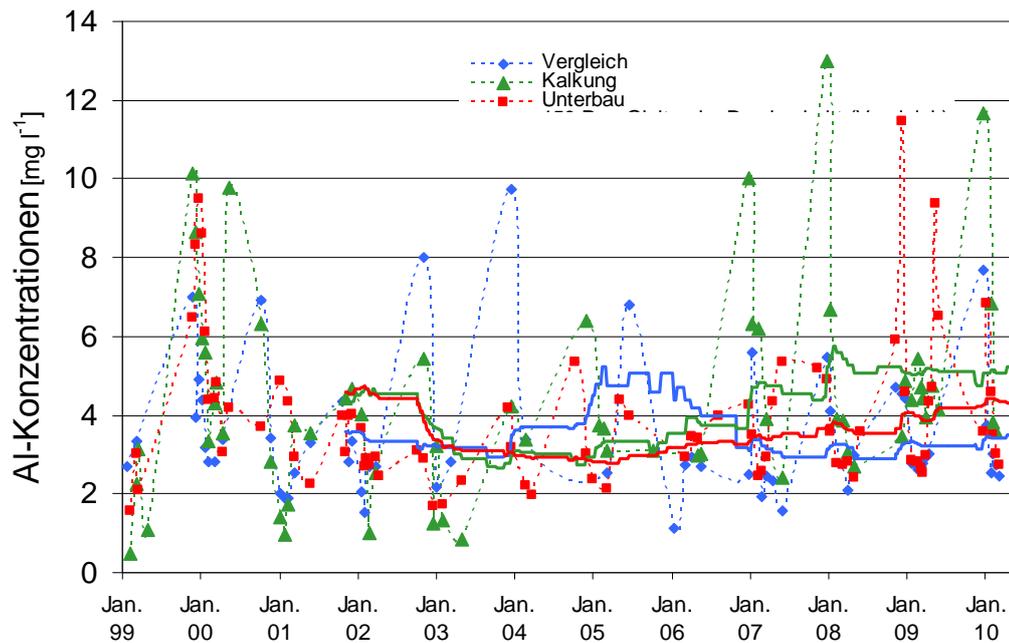


Abbildung 8: Verlauf der Aluminiumkonzentrationen im Sickerwasser in 1,2 m Tiefe unter Wald (durchgezogene Linie: Trendlinien).

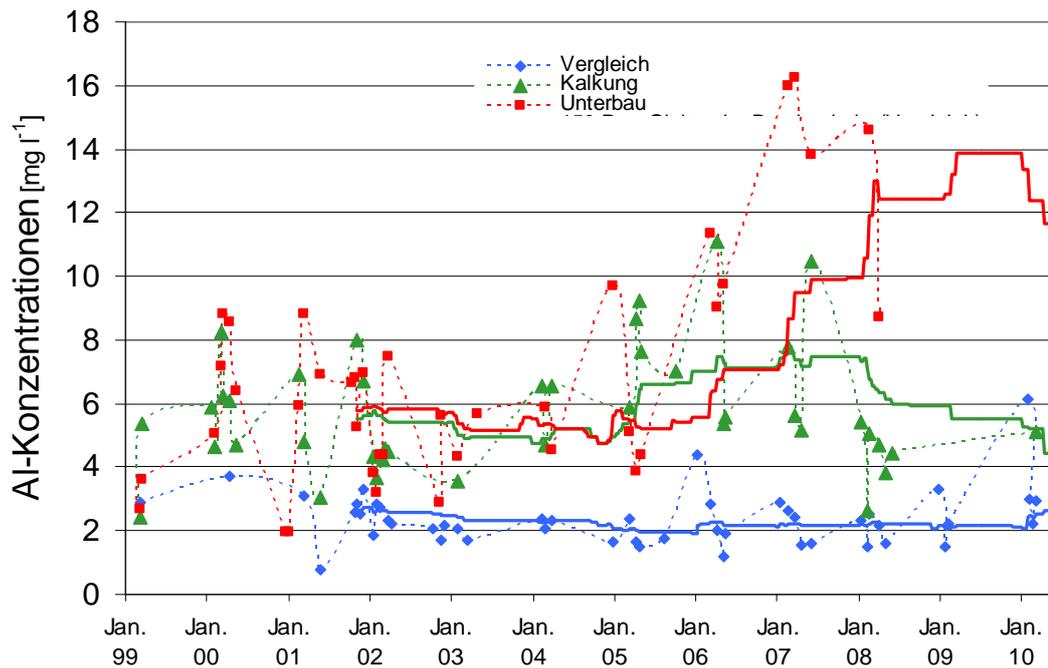


Abbildung 9: Verlauf der Aluminiumkonzentrationen im Sickerwasser in 2,5 m Tiefe unter Wald (durchgezogene Linie: Trendlinien).

3 Diskussion und Fazit

Nach der Einrichtung eines Buchenunterbaus/-nachanbaus vor 10 Jahren im Kiefernwald des Wasserschutzgebietes Sandkrug, Zone 2, zeichnen sich dessen Einflüsse auf den Stoffhaushalt immer deutlicher ab.

Langfristig nahm der regionale atmosphärische Stickstoffeintrag leicht ab. Unter den Buchen lag er zuletzt mit $23 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ geringfügig über dem des Kiefernreinbestandes. Das regionaltypische Niveau der N-Depositionen liegt aber noch über den Mengen, welche langfristig im Holz festgelegt werden und somit eine Gefährdung des Grundwassers darstellen.

Die mit der Bodenschutzkalkung erzielten Wirkungen sind nach den Ergebnissen vorausgegangener Untersuchungen für den Boden und Baumbestand durchweg als positiv zu bezeichnen. Die Nitratgehalte im Sickerwasser unterscheiden sich in 1,2 m Messtiefe nur wenig. In 2,5 m Tiefe wurde besonders bei der Kalkungsmaßnahme in Kombination mit der Unterbaumaßnahme – trotz der hier festgestellten geringfügig höheren N-Depositionen – eine deutliche Reduktion der Nitratkonzentrationen be-

wirkt. Die durch das Buchenwachstum hervor gerufene Stickstoff-Immobilisierung wird hierdurch sehr deutlich

Durch die mit der Kalkung verbundene verstärkte Verlagerung von Protonen und Aluminium in größere Bodentiefen werden derzeit auch einige Nachteile offenkundig. Ob sie nach vollständiger Auflösung des immer noch vorhandenen Restkalkes in der Humusaufgabe abklingt, ist abzuwarten.

Bislang stellte sich jedoch besonders die Kombination der Bodenschuttkalkung mit dem Buchenunterbau/-nachbau als eine für eine Verminderung des Nitrataustrags geeignete Maßnahme heraus. Nach gegenwärtigem Kenntnissstand ist diese Maßnahme für austragsgefährdete Waldstandorte zu empfehlen.

4 Ausblick

Auf eine Durchforstung des Kiefernbestandes, die in den letzten Jahren außerhalb des Versuchsstandortes bereits durchgeführt wurde, wurde zur Schonung der Messapparaturen und des Buchenunterstands bislang verzichtet. Diese Maßnahme ist zur Erhöhung des Licht- und Wasserangebotes für ein qualitätsbezogenes Buchenwachstum nun unverzichtbar und soll im kommenden Winter 2010/11 nach entsprechender Vorbereitung erfolgen. Mögliche Einflüsse auf die Sickerwasserqualität können so mit dem vorhandenen Versuchsaufbau ermittelt werden.