

Zeitliche Veränderungen von Bioindikationsparametern in Ökosystemkompartimenten ausgewählter Untersuchungsgebiete

2. Humusauflagen

Humusauflagen in Kiefernaltbeständen (*Pinus sylvestris* L.) wurden zur Erfassung und Kontrolle von Immissionswirkungen in Forstökosystemen ausgewählt. Ihre organischen Auflagen akkumulieren im O_{f/h}-Horizont atmosphärische Nähr- und Schadstoffe und indizieren gleichzeitig Veränderungen in der Mineralisation organischer Substanz ([Poster 4](#)).

Informationen zur Probennahme, Probenaufarbeitung und chemischen Analyse sind in der Einleitung auf dieser Webseite durch Klicken auf [Auswirkungen](#) im Dokument „Auswirkungen von atmosphärischen schwefel- und stickstoffhaltigen Immissionen sowie Stoffeinträgen auf die Vitalität von Waldkiefern (*Pinus sylvestris* L.)“ zu finden.

Auf nachfolgenden Seiten sind Ergebnisse zur zeitlichen Veränderung von ausgewählten chemischen Parametern in Humusauflagen von Kiefernaltbeständen aus den Untersuchungsgebieten Rösa (Land Sachsen-Anhalt) in der Dübener Heide und dem Backgroundgebiet Neuglobsow am Stechlin See (Land Brandenburg) beispielhaft dargestellt.

Das Untersuchungsgebiet Rösa befindet sich ca. 10 km östlich von Bitterfeld am Westrand der Dübener Heide und besteht aus 5 Testflächen.

GK-Koordinaten:

TF1: 4530,94 (RW); 5721,60 (HW); Forstamt Bitterfeld, Forstrevier Rösa: Abteilung: 269a2

TF2: 4530,93 (RW); 5721,84 (HW); Forstamt Bitterfeld, Forstrevier Rösa: Abteilung: 269a2

TF3: 4531,76 (RW); 5722,09 (HW); Forstamt Bitterfeld, Forstrevier Rösa: Abteilung: 266b4

TF4: 4532,05 (RW); 5722,07 (HW); Forstamt Bitterfeld, Forstrevier Rösa: Abteilung: 266a4

TF5: 4531,43 (RW); 5721,51 (HW); Forstamt Bitterfeld, Forstrevier Rösa: Abteilung: 227b

Das Untersuchungsgebiet Neuglobsow befindet sich ca. 3 km südwestlich vom Ort Neuglobsow am Stechlin See und besteht aus 5 Testflächen.

GK-Koordinaten:

TF1: 4570,48 (RW); 5888,94 (HW); Forstamt Fürstenberg, Forstrevier Roofen: Abteilung: 265b4

TF2: 4570,09 (RW); 5889,43 (HW); Forstamt Fürstenberg, Forstrevier Neuglobsow: Abteilung: 75a3

TF3: 4570,98 (RW); 5890,01 (HW); Forstamt Fürstenberg, Forstrevier Neuglobsow: Abteilung: 73a8

TF4: 4565,83 (RW); 5887,33 (HW); Forstamt Fürstenberg, Forstrevier Sellenweide: Abteilung: 21a

TF5: 4565,07 (RW); 5888,50 (HW); Forstamt Fürstenberg, Forstrevier Sellenweide: Abteilung: 40a1

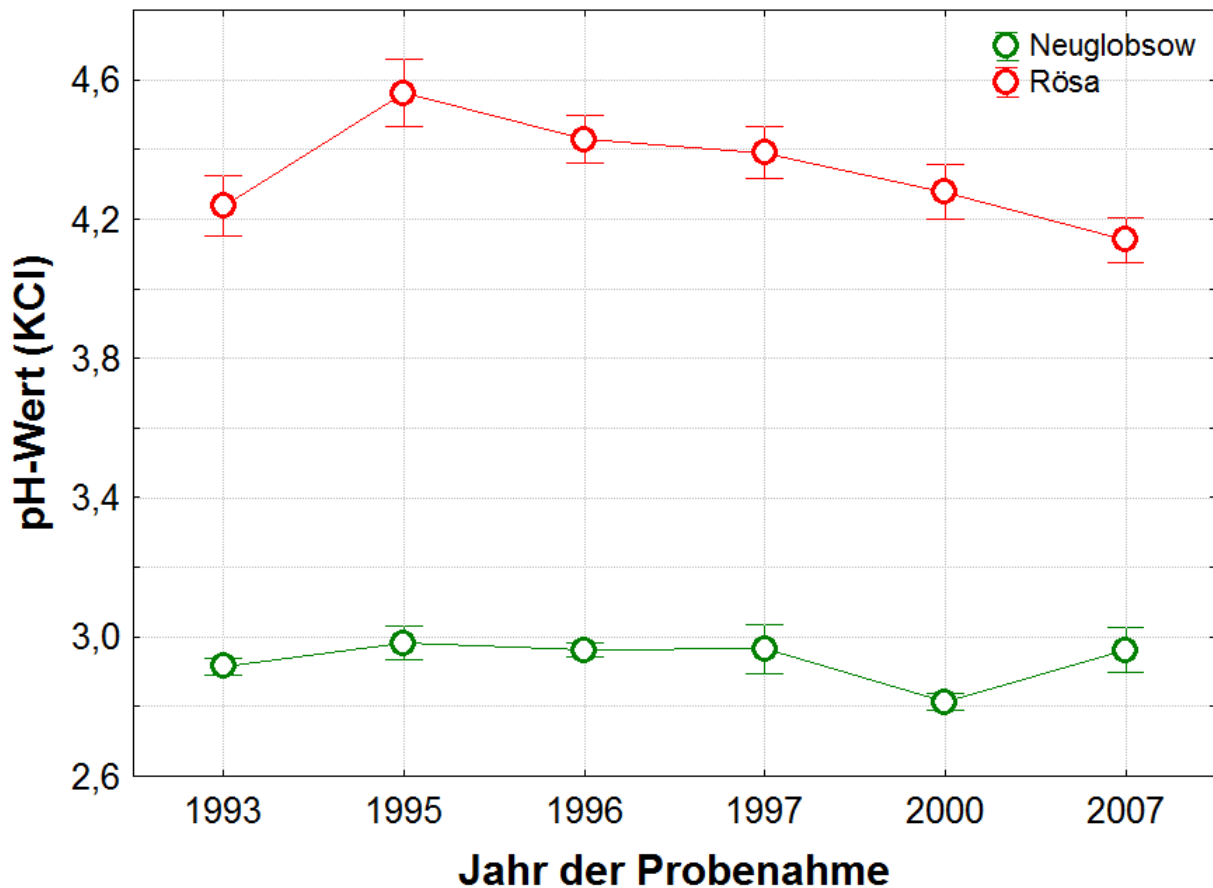


Abb.1: pH-Wert (Mittelwerte \pm Standardfehler, $n = 5$) in Humusauflagen von Kiefernaltbeständen aus den Untersuchungsgebieten Neuglobsow und Rösa.

In den Humusauflagen von Kiefernaltbeständen im Referenzgebiet Neuglobsow werden noch in 2007 durch saure atmosphärische Stoffeinträge unverändert niedrige pH-Werte unter pH 3,5 bei einer mittleren H^+ -Konzentration von $57 \mu M/g$ org. Auflage gemessen, während im Untersuchungsgebiet Rösa durch ehemals basische Flugascheneinträge pH-Werte über 3,5 dominieren, die aber ab 1995 durch Reduktion der atmosphärischen Stoffeinträge in 2007 bei einer mittleren H^+ -Konzentration von $3,8 \mu M/g$ org. Auflage einem deutlich abnehmenden Trend folgen.

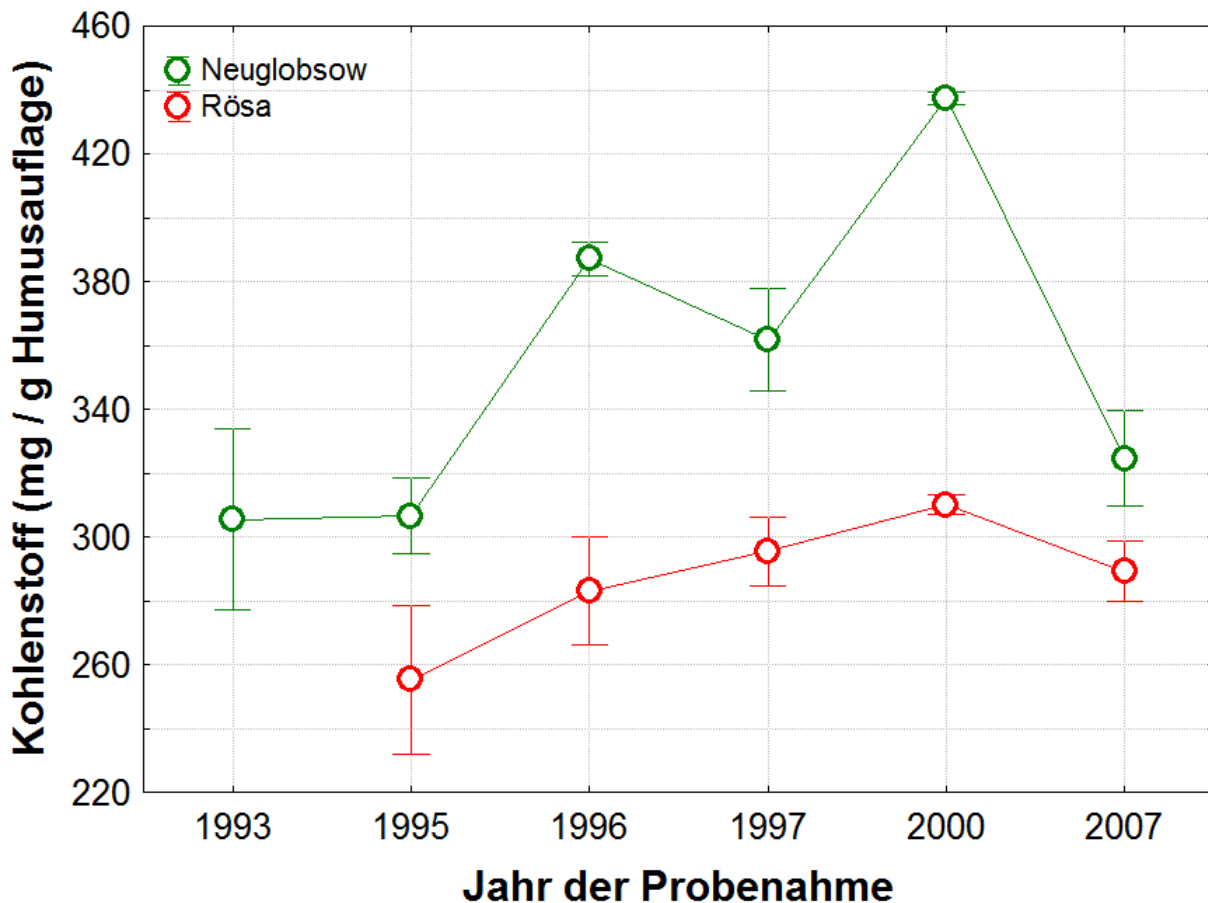


Abb.2: Kohlenstoff-Gehalt (Mittelwerte \pm Standardfehler, n = 5) in Humusauflagen von Kiefernaltbeständen aus den Untersuchungsgebieten Neuglobsow und Rösa.

Im Vergleich zu den feinhumusarmen Moder Auflagen in den Kiefernaltbeständen im Referenzgebiet Neuglobsow sind die Kohlenstoff-Gesamtgehalte in den feinrohhumusartigen Moder Auflagen im Untersuchungsgebiet Rösa signifikant niedriger. Die zeitlichen Trends in beiden Untersuchungsgebieten sind ab 1995 ansteigend. Als Ursache hierfür sind höhere Mineralisierungsraten und Immobilisierungsprozesse in den Humusauflagen aufgrund erhöhter Einträge von organischer Substanz aus oberirdischen Quellen anzusehen.

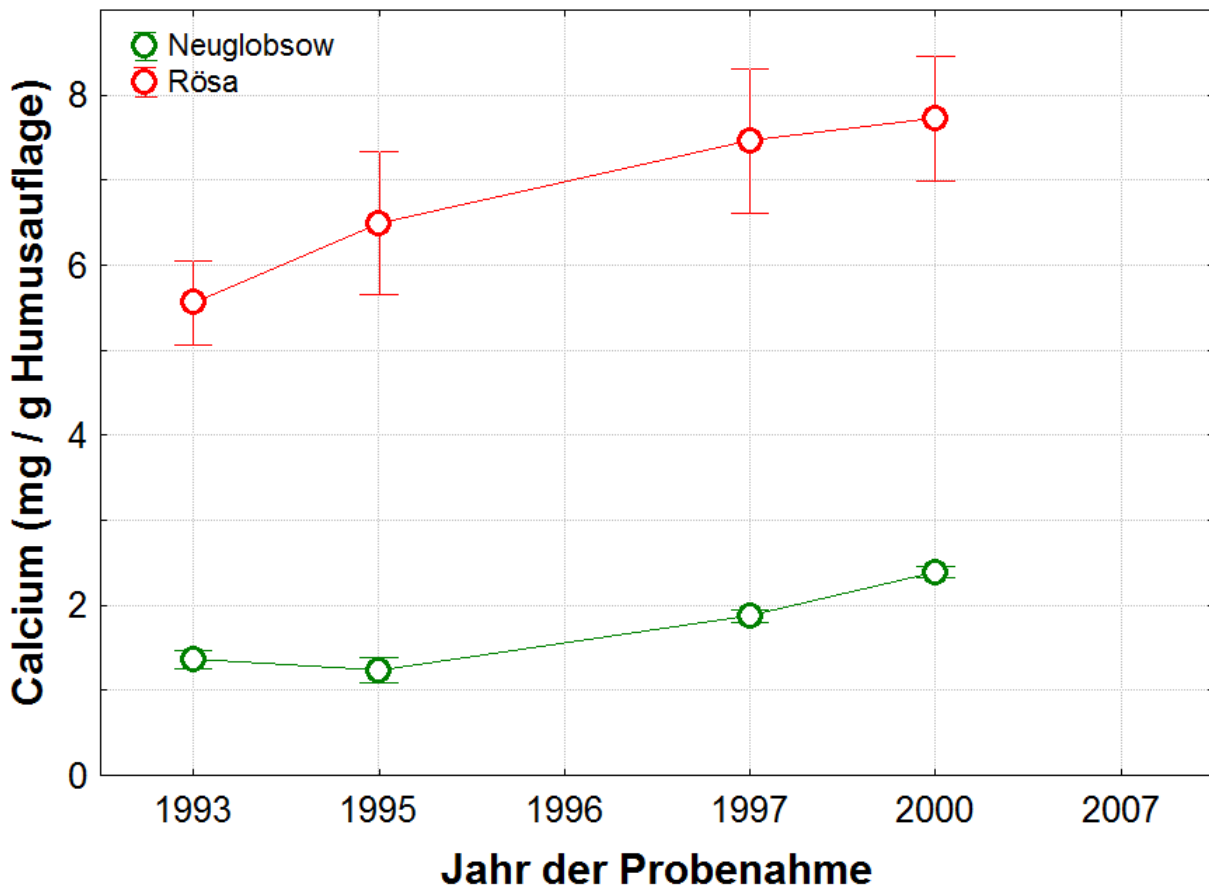


Abb.3: Calcium-Gehalt (Mittelwerte \pm Standardfehler, $n = 5$) in Humusauflagen von Kiefernaltbeständen aus den Untersuchungsgebieten Neuglobsow und Rösa.

Im Vergleich zum Referenzgebiet Neuglobsow sind die Gesamtgehalte von Calcium in den Humusauflagen der Kiefernbestände im Untersuchungsgebiet Rösa signifikant höher. Die zeitlichen Trends in beiden Gebieten sind seit 1995 ansteigend. Als Ursache hierfür sind höhere Mineralisierungsraten und Immobilisierungsprozesse in den Humusauflagen aufgrund erhöhter Einträge von organischer Substanz aus oberirdischen Quellen anzusehen.

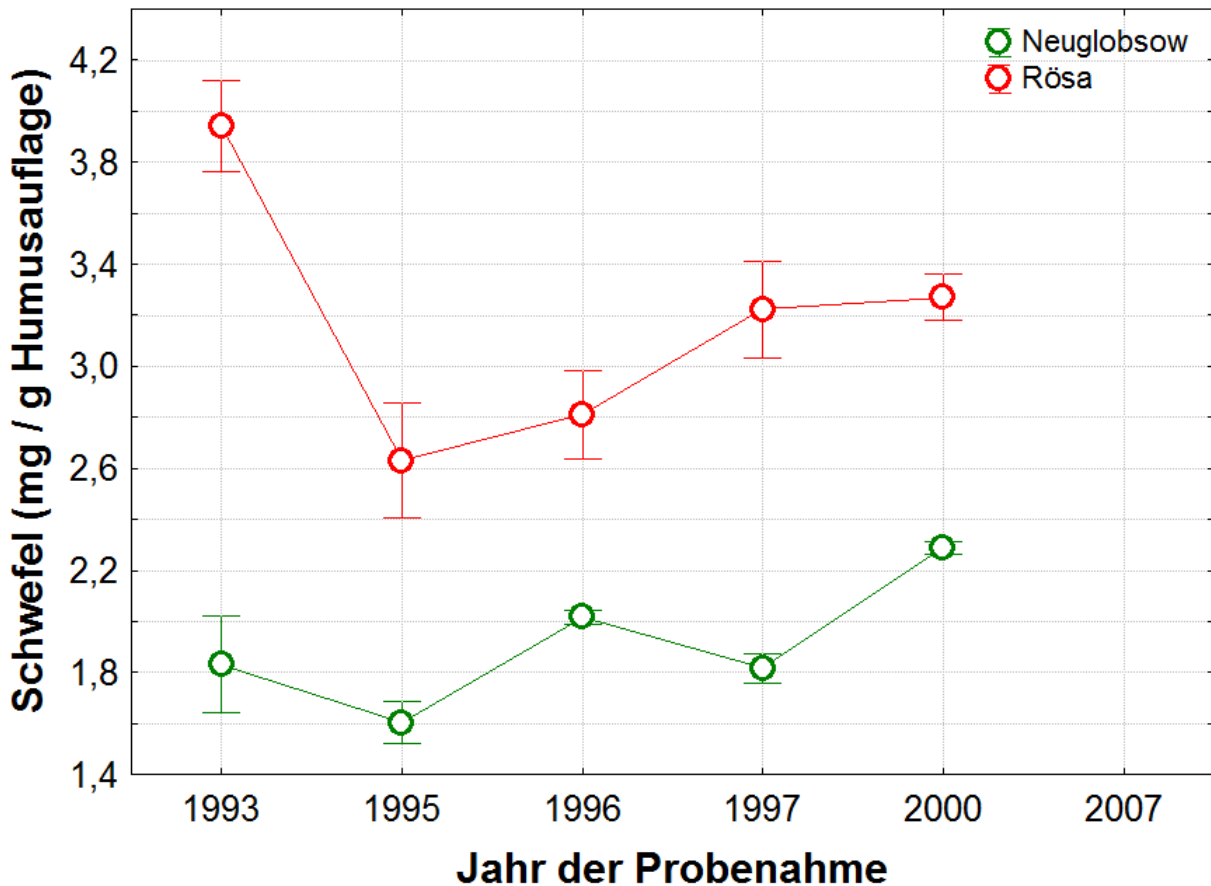


Abb.4: Calcium-Gehalt (Mittelwerte \pm Standardfehler, $n = 5$) in Humusauflagen von Kiefernaltbeständen aus den Untersuchungsgebieten Neuglobsow und Rösa.

Im Vergleich zum Referenzgebiet Neuglobsow sind die Gesamtgehalte von Schwefel in den Humusauflagen der Kiefernbestände im Untersuchungsgebiet Rösa signifikant höher. Die zeitlichen Trends in beiden Gebieten waren nach 1989 durch Reduktion der atmosphärischen S-Einträge besonders in Rösa deutlich verringert, aber sind seit 1995 wieder ansteigend. Als Ursache hierfür sind höhere Mineralisierungsraten und Immobilisierungsprozesse in den Humusauflagen aufgrund erhöhter Einträge von organischer Substanz aus oberirdischen Quellen anzusehen.

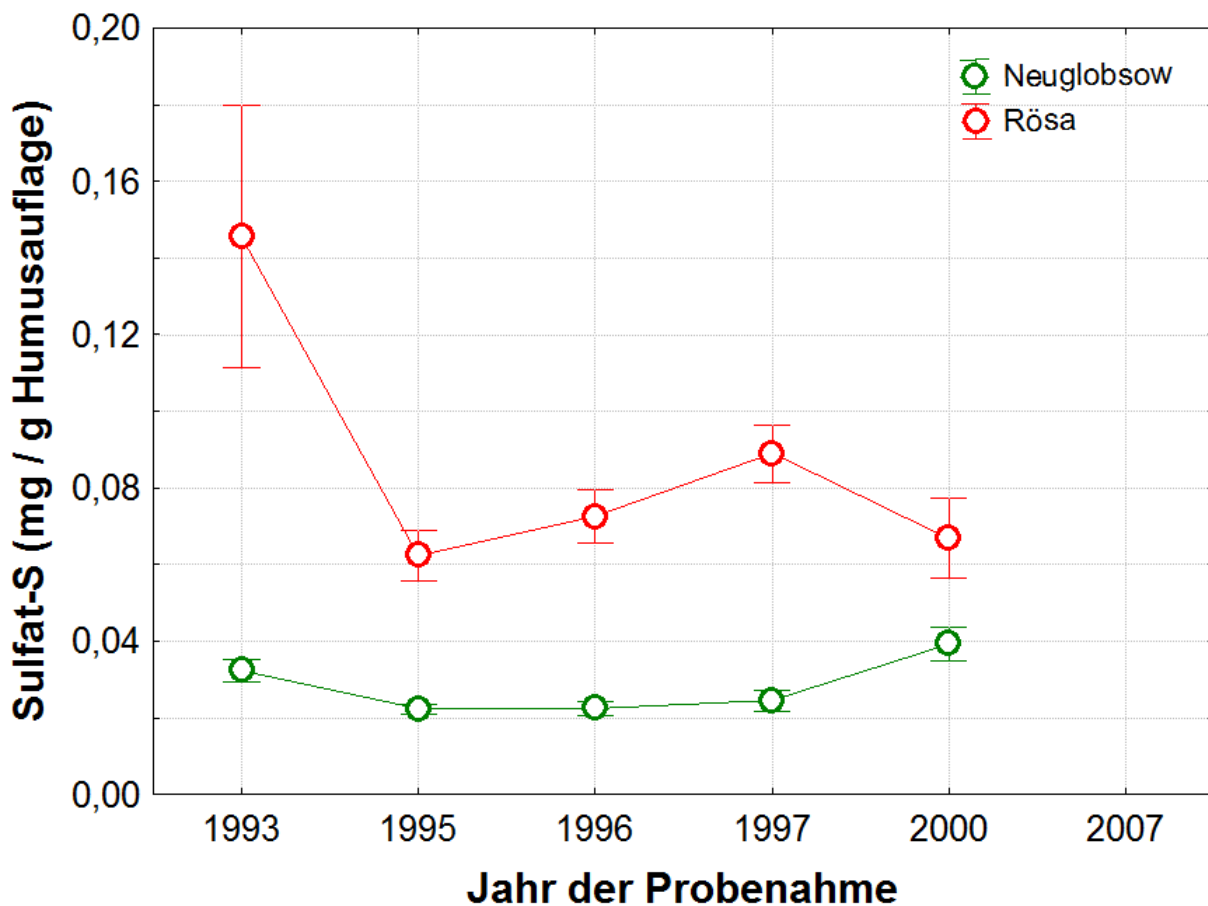


Abb.5: Sulfat-Gehalt (Mittelwerte \pm Standardfehler, $n = 5$) in Humusauflagen von Kiefernaltbeständen aus den Untersuchungsgebieten Neuglobsow und Rösa.

Im Vergleich zum Referenzgebiet Neuglobsow sind die Gehalte von wasserlöslichem Sulfat in den Humusauflagen im Untersuchungsgebiet Rösa signifikant höher. Die zeitlichen Trends in beiden Untersuchungsgebieten waren nach 1989 durch Reduktion der atmosphärischen S-Einträge besonders in Rösa deutlich verringert, sind aber seit 1995 unverändert. Als Ursache hierfür sind Re-Immobilisierungsprozesse in den Humusauflagen anzusehen.

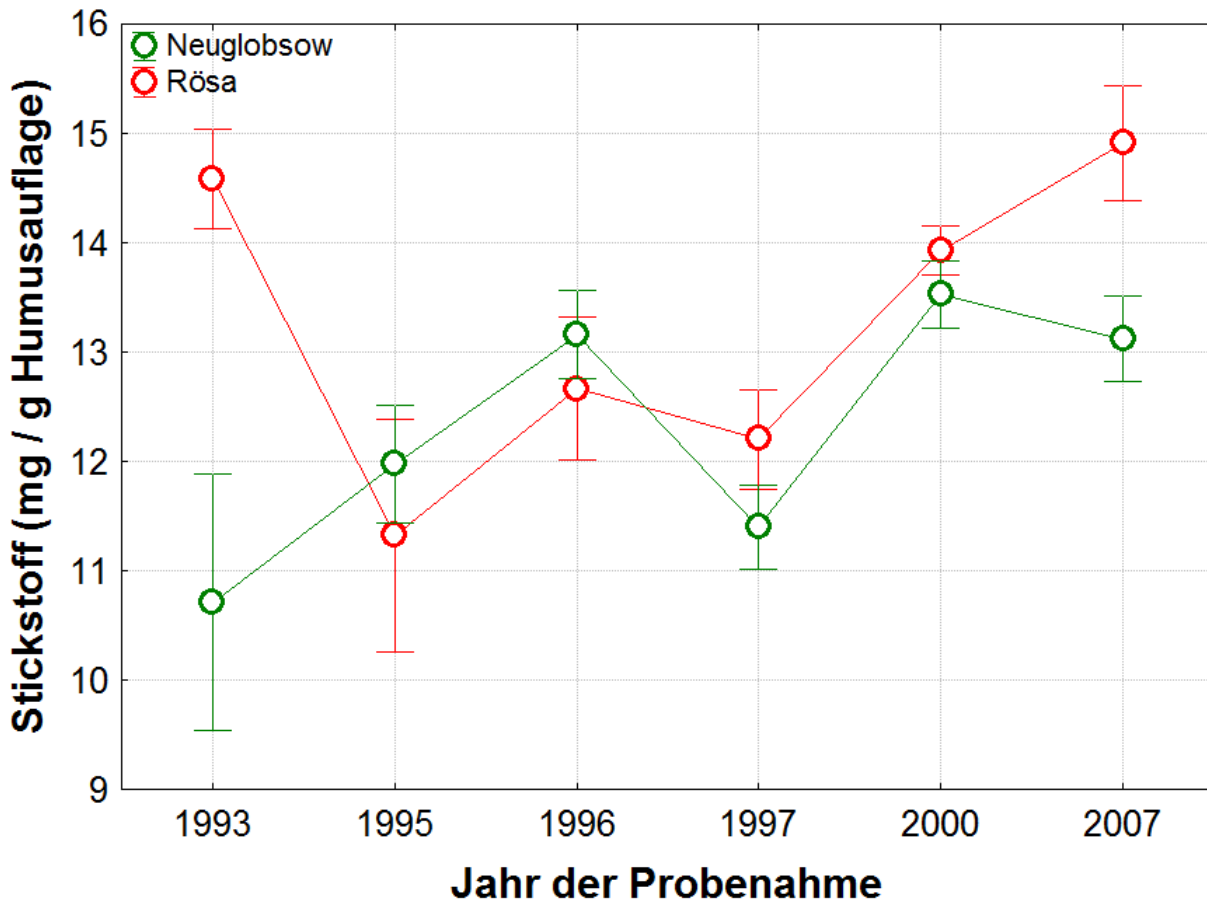


Abb.6: Stickstoff-Gehalt (Mittelwerte \pm Standardfehler, $n = 5$) in Humusauflagen von Kiefernaltbeständen aus den Untersuchungsgebieten Neuglobsow und Rösa.

Die Gehalte von Gesamtstickstoff in den Humusauflagen sind im Referenzgebiet Neuglobsow als auch im Untersuchungsgebiet Rösa annähernd gleich und unterscheiden sich auch nicht in ihren zeitlichen Trends, die in beiden Gebieten seit 1993 ansteigend sind. Als Ursache hierfür sind höhere Mineralisierungsraten und Immobilisierungsprozesse in den organischen Auflagen aufgrund erhöhter Einträge von organischer Substanz aus oberirdischen Quellen anzusehen.

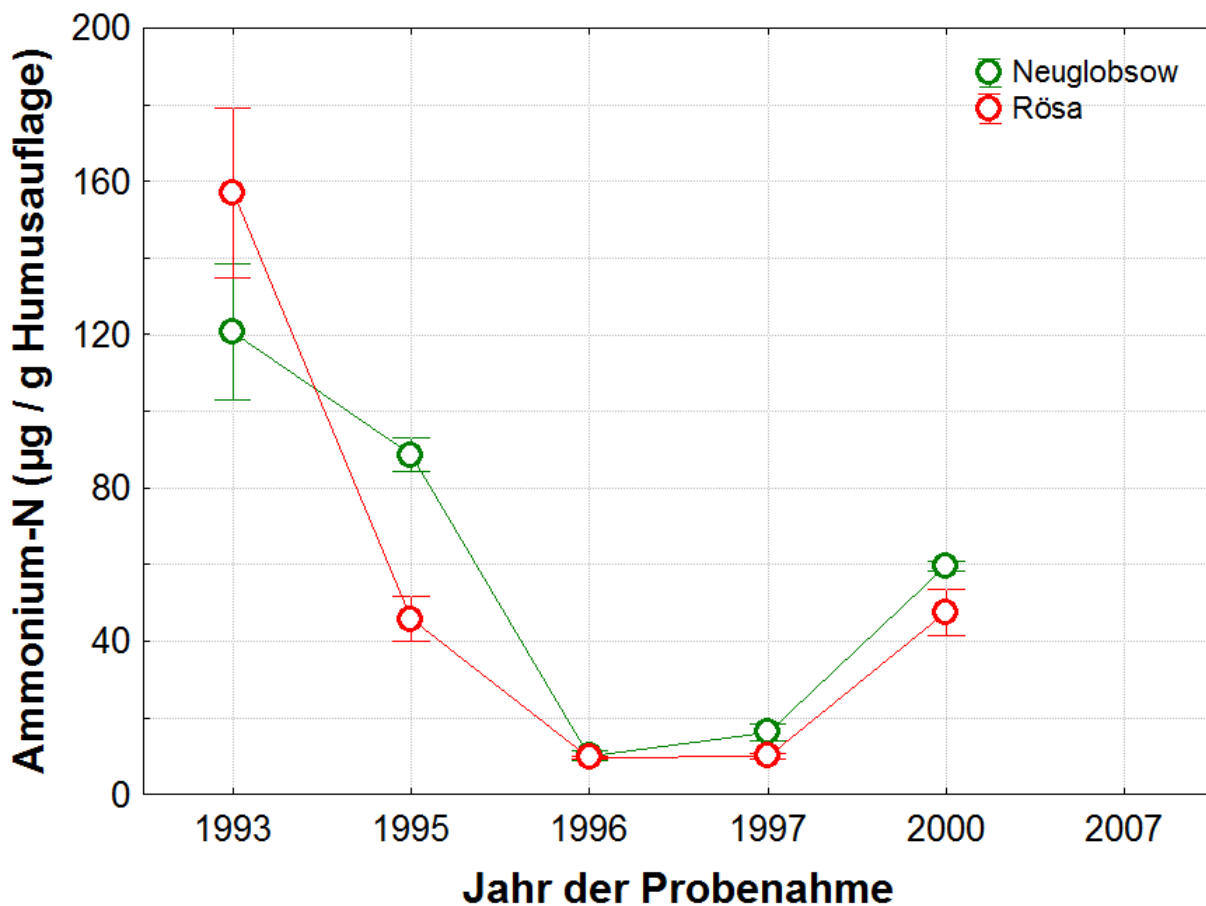


Abb.7: Ammonium-Gehalt (Mittelwerte \pm Standardfehler, $n = 5$) in Humusauflagen von Kiefernaltbeständen aus den Untersuchungsgebieten Neuglobsow und Rösa.

Die Gehalte von K_2SO_4 -extrahierbarem Ammonium in den Humusauflagen sind im Referenzgebiet Neuglobsow als auch im Untersuchungsgebiet Rösa annähernd gleich und unterscheiden sich auch nicht in ihren zeitlichen Trends, die Anfang der 90er Jahre zunächst rückläufig waren, aber seit 1995 wieder ansteigend sind. Als Ursache hierfür sind höhere Mineralisierungsraten und Immobilisierungsprozesse in den organischen Auflagen aufgrund erhöhter Einträge von organischer Substanz aus oberirdischen Quellen anzusehen.

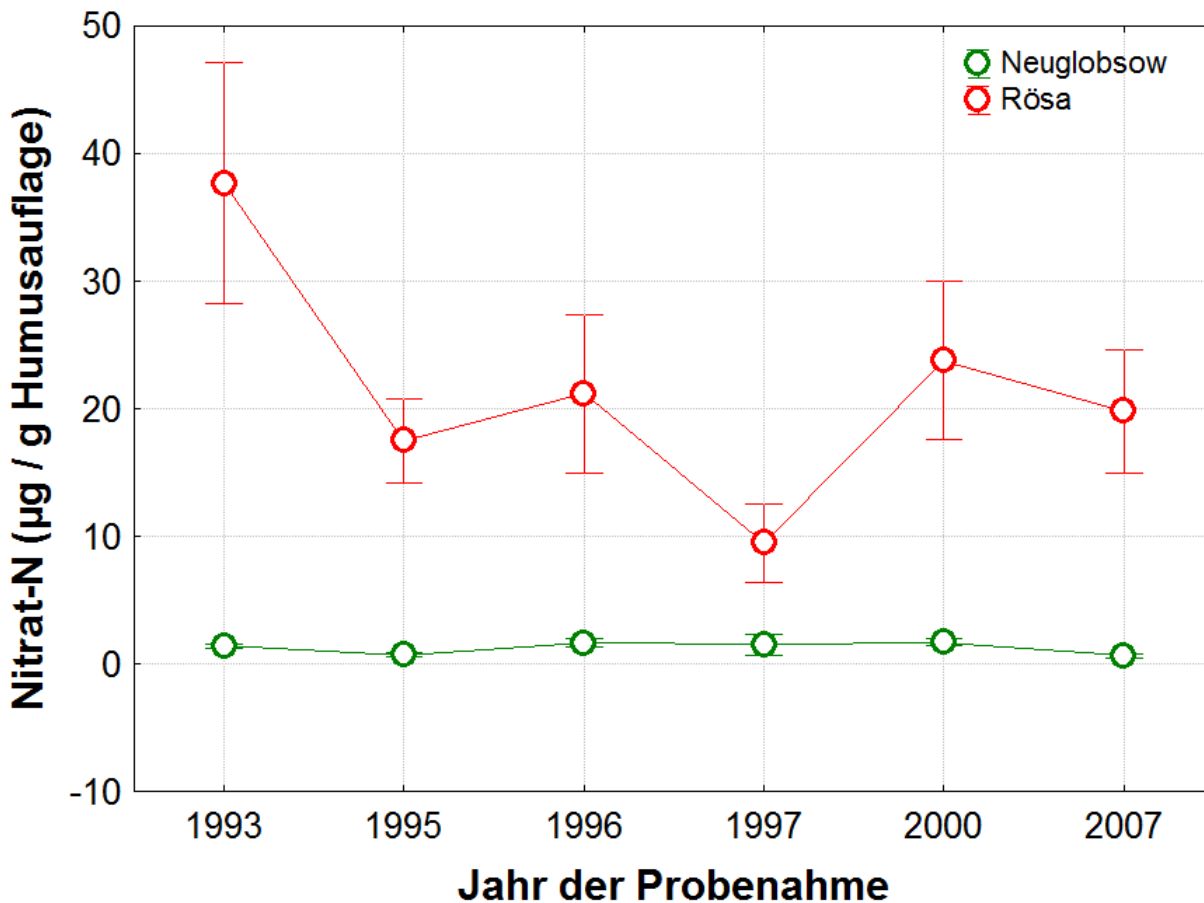


Abb.8: Nitrat-Gehalt (Mittelwerte \pm Standardfehler, $n = 5$) in Humusauflagen von Kiefernaltbeständen aus den Untersuchungsgebieten Neuglobsow und Rösa.

Im Vergleich zum Referenzgebiet Neuglobsow sind die Gehalte von wasserlöslichem Nitrat in den Humusauflagen vom Untersuchungsgebiet Rösa signifikant höher und verringern sich auch stärker im zeitlichen Trend. Als Ursache hierfür sind höhere Nitrifikationsraten in den organischen Auflagen von Rösa bei höheren Aufnahmeraten von Nitrat in die oberirdische Vegetation und Baumschicht anzusehen.

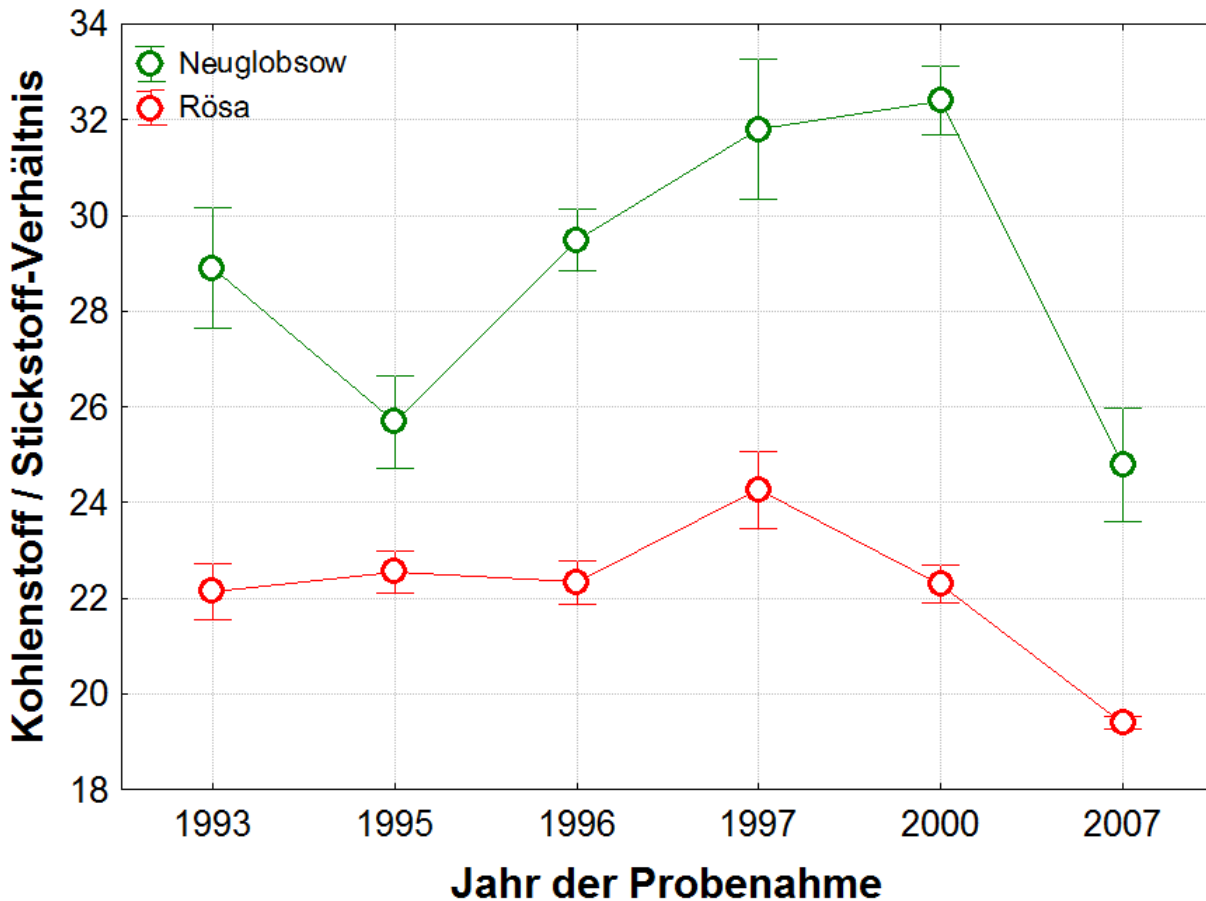


Abb.9: Kohlenstoff/Stickstoff-Verhältnis (Mittelwerte \pm Standardfehler, $n = 5$) in Humusauflagen von Kiefernaltbeständen aus den Untersuchungsgebieten Neuglobsow und Rösa.

Im Vergleich zum Referenzgebiet Neuglobsow sind die C/N-Verhältnisse in den Humusauflagen vom Untersuchungsgebiet Rösa signifikant enger, unterscheiden sich aber nicht im zeitlichen Trend. Als Ursache kann die höhere N-Verfügbarkeit in den organischen Auflagen von Rösa betrachtet werden. Es wird im Untersuchungsgebiet Rösa mehr Stickstoff mineralisiert und in organische Substanz festgelegt (vgl. Abb.8).

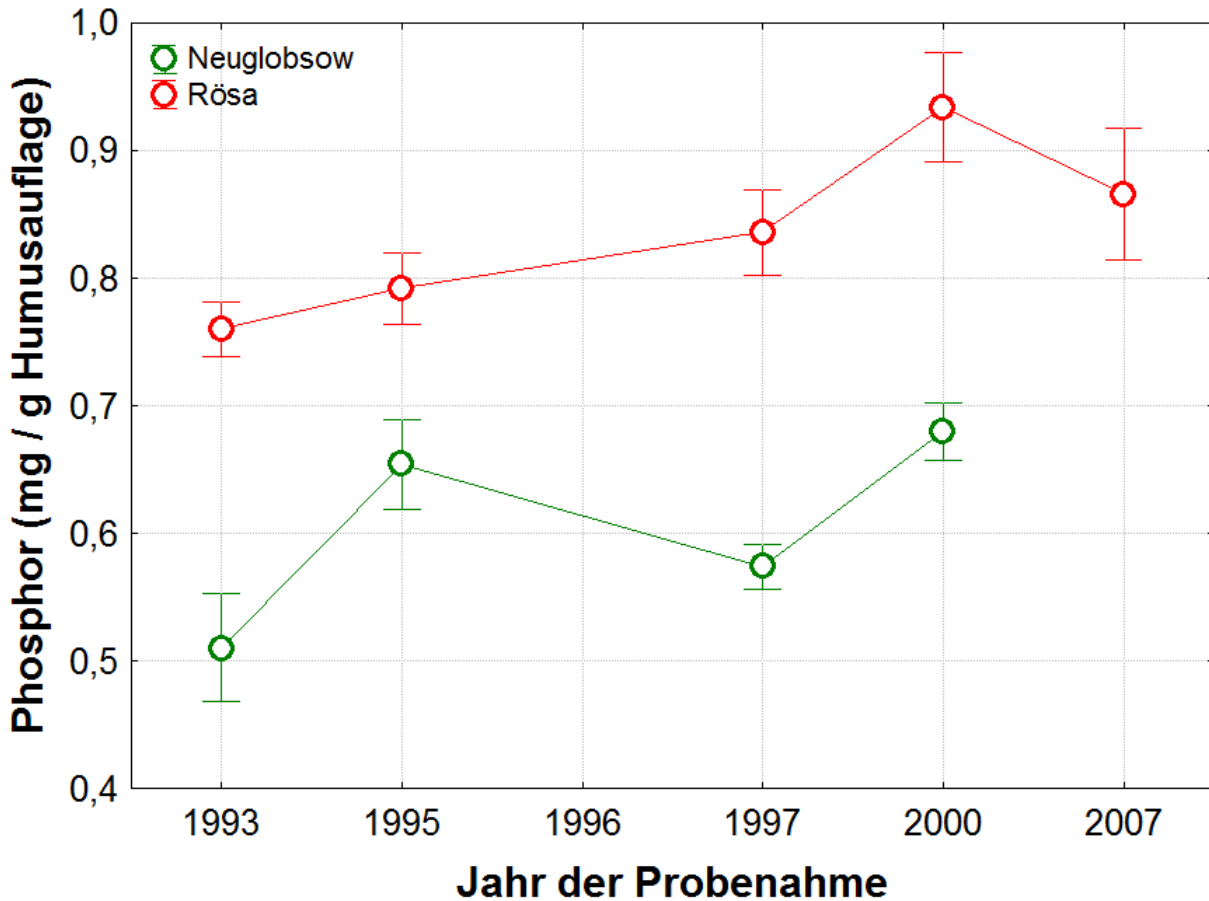


Abb.10: Phosphor-Gehalt (Mittelwerte \pm Standardfehler, $n = 5$) in Humusauflagen von Kiefernaltbeständen aus den Untersuchungsgebieten Neuglobsow und Rösa.

Im Vergleich zum Referenzgebiet Neuglobsow sind die Gehalte von Phosphor in den Humusauflagen im Untersuchungsgebiet Rösa signifikant höher, aber in ihren zeitlichen Trends gleich und ansteigend. Als Ursache hierfür sind höhere Mineralisierungsraten und Immobilisierungsprozesse in den Humusauflagen aufgrund erhöhter Einträge von organischer Substanz aus oberirdischen Quellen anzusehen.

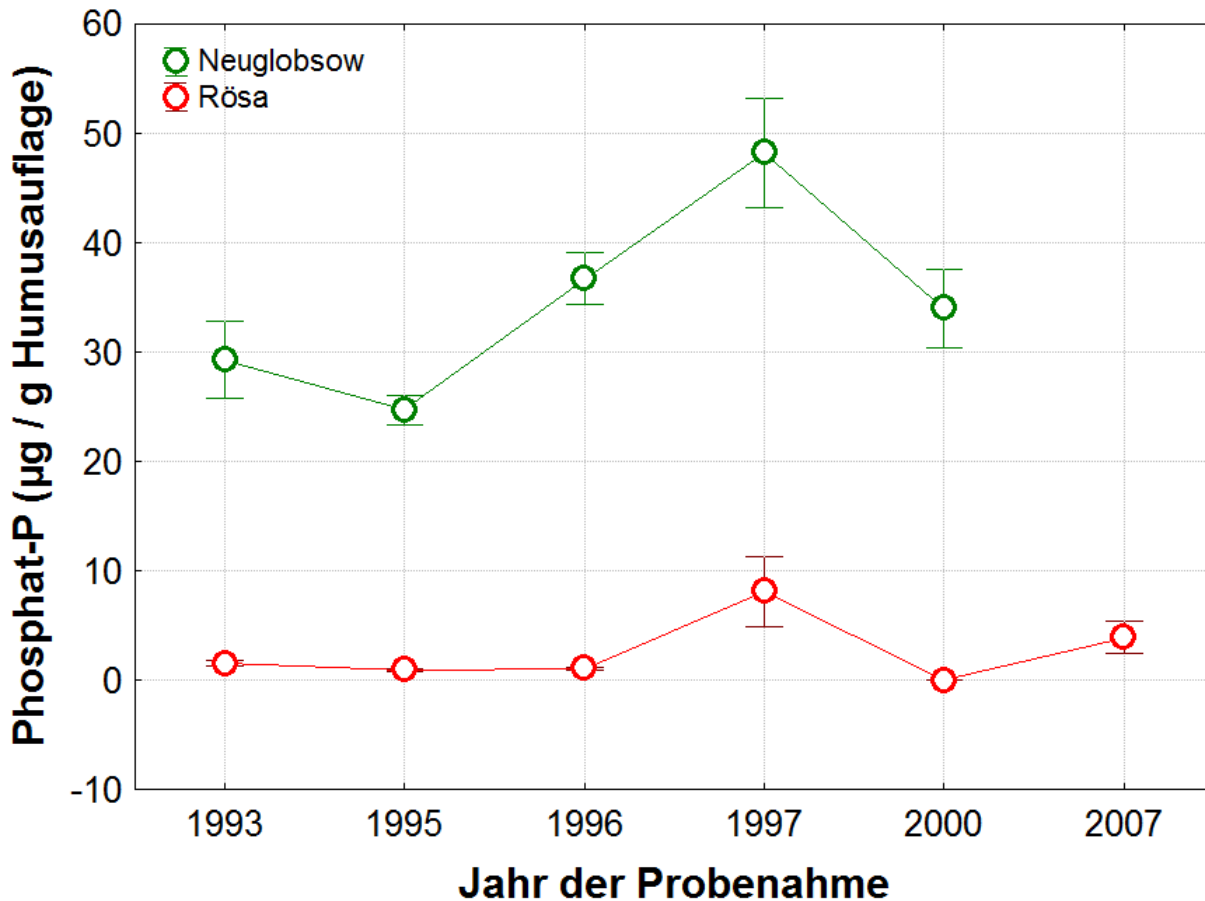


Abb.11: Phosphat-Gehalt (Mittelwerte \pm Standardfehler, $n = 5$) in Humusauflagen von Kiefernaltbeständen aus den Untersuchungsgebieten Neuglobsow und Rösa.

Im Vergleich zum Referenzgebiet Neuglobsow sind die Gehalte von wasserlöslichem Phosphat in den Humusauflagen im Untersuchungsgebiet Rösa signifikant geringer. Ein zeitlicher Trend mit ansteigenden Phosphat-Gehalten zeigt sich nur in den Humusauflagen vom Referenzgebiet Neuglobsow. Als Ursache hierfür sind einerseits höhere Mineralisierungsraten in den Humusauflagen aufgrund erhöhter Einträge von organischer Substanz aus oberirdischen Quellen anzusehen sowie die Festlegung von wasserlöslichem Phosphat in den organischen Auflagen von Rösa durch Bindung von Phosphat an noch vorhandene Vorräte von basischen Flugaschen.

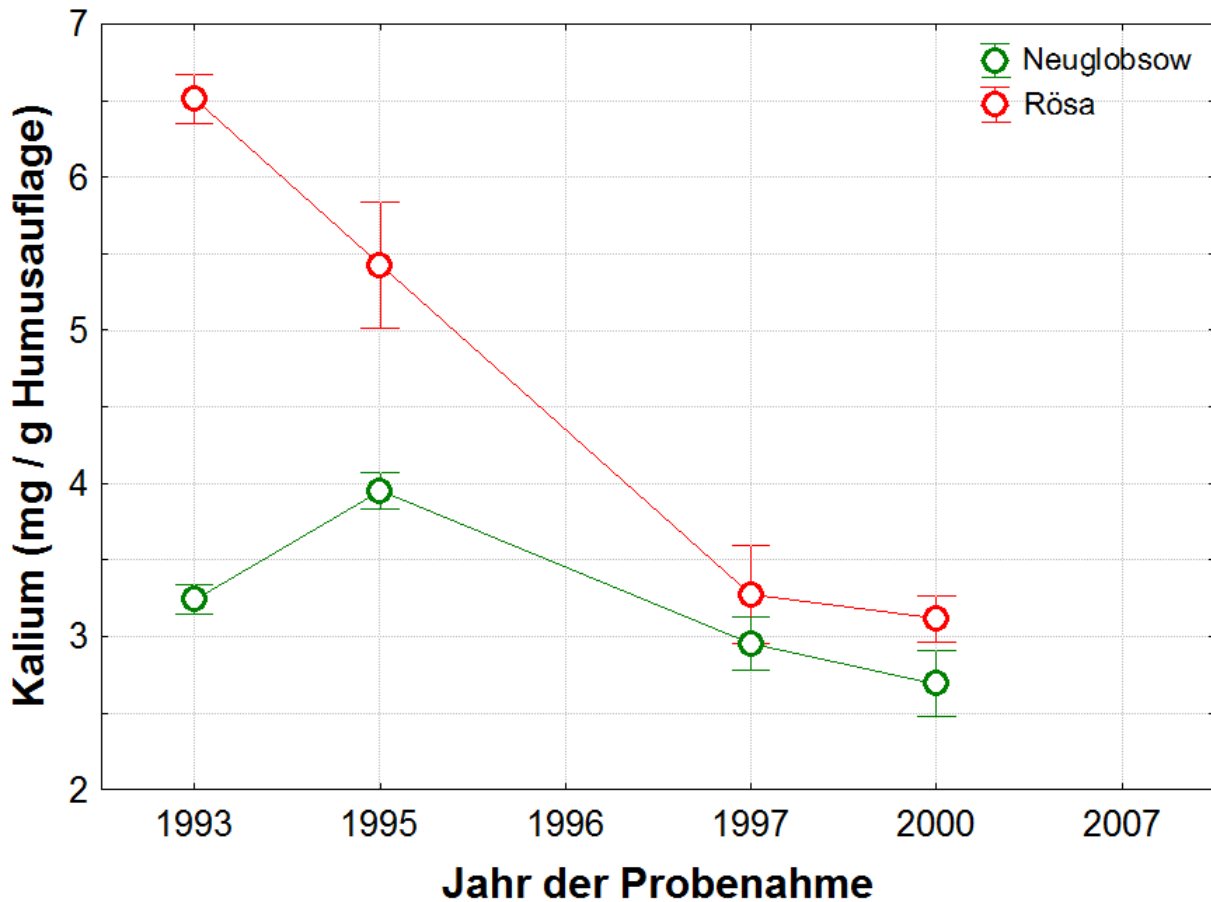


Abb.12: Kalium-Gehalt (Mittelwerte \pm Standardfehler, $n = 5$) in Humusauflagen von Kiefernaltbeständen aus den Untersuchungsgebieten Neuglobsow und Rösa.

Im Vergleich zum Referenzgebiet Neuglobsow sind die Gesamtgehalte von Kalium in den Humusauflagen vom Untersuchungsgebiet Rösa signifikant höher, nähern sich aber im zeitlichen Verlauf den Gehalten von Neuglobsow an. Als Ursache hierfür sind höhere Mineralisierungsraten und Immobilisierungsprozesse in den Humusauflagen aufgrund erhöhter Einträge von organischer Substanz aus oberirdischen Quellen anzusehen als auch eine erhöhte Aufnahme von Kalium in die oberirdische Vegetation und Baumschicht.

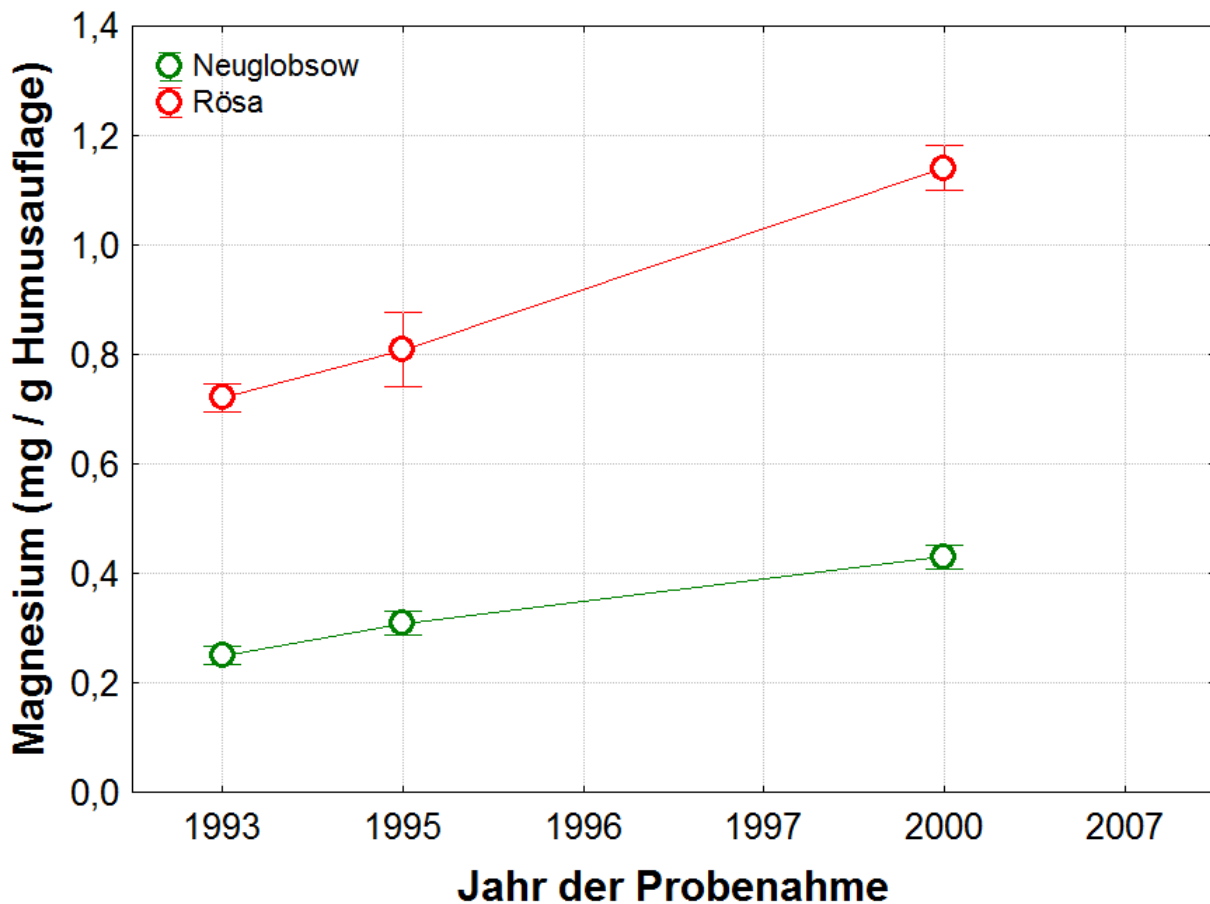


Abb.13: Magnesium-Gehalt (Mittelwerte \pm Standardfehler, $n = 5$) in Humusauflagen von Kiefernaltbeständen aus den Untersuchungsgebieten Neuglobsow und Rösa.

Im Vergleich zum Referenzgebiet Neuglobsow sind die Gesamtgehalte von Magnesium in den Humusauflagen vom Untersuchungsgebiet Rösa signifikant höher, aber im zeitlichen Verlauf vergleichbar und ansteigend. Als Ursache hierfür sind noch vorhandene Vorräte basischer Flugaschen in den Humusauflagen von Rösa sowie höhere Mineralisierungsraten und Immobilisierungsprozesse in den Humusauflagen aufgrund erhöhter Einträge von organischer Substanz aus oberirdischen Quellen anzusehen.

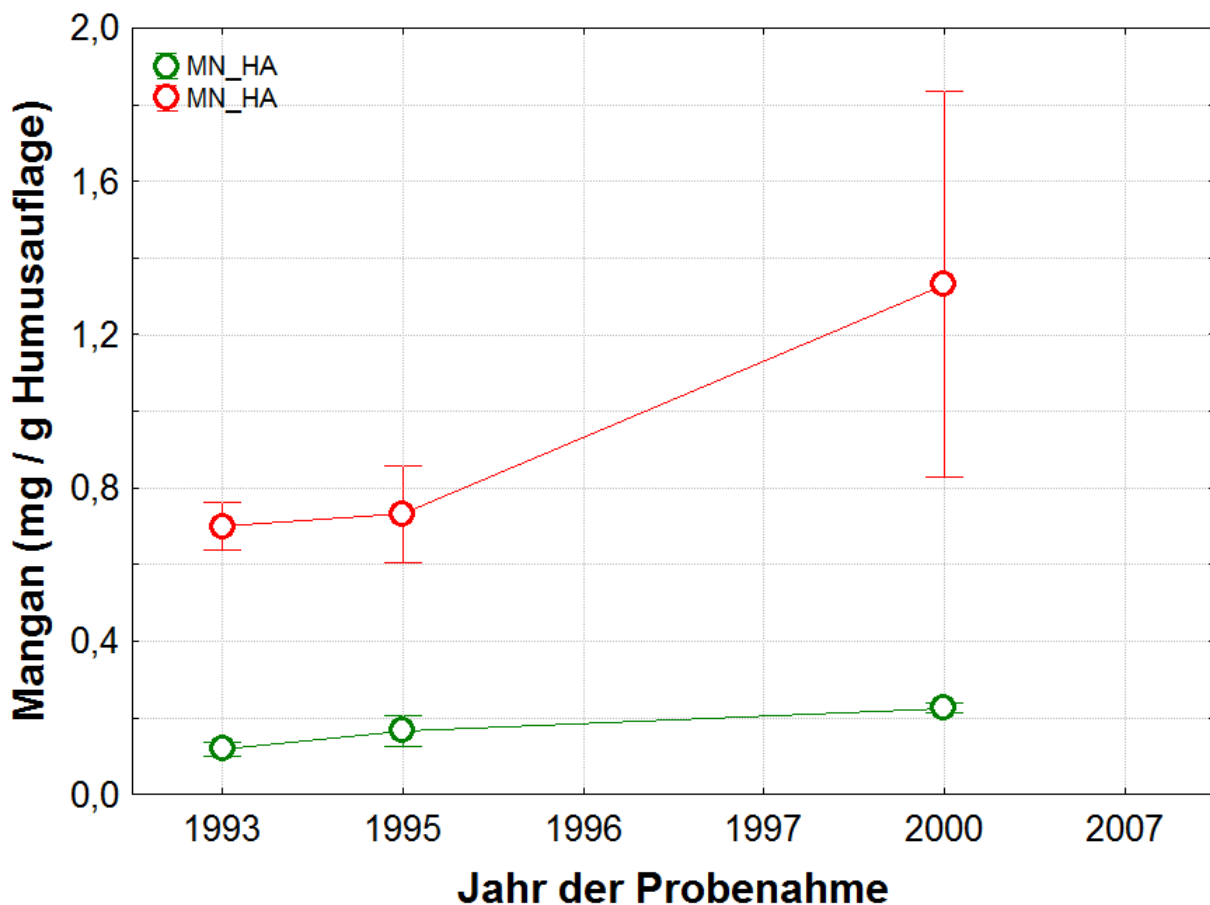


Abb.14: Mangan-Gehalt (Mittelwerte \pm Standardfehler, n = 5) in Humusauflagen von Kiefernaltbeständen aus den Untersuchungsgebieten Neuglobsow und Rösa.

Im Vergleich zum Referenzgebiet Neuglobsow sind die Gesamtgehalte von Mangan in den Humusauflagen vom Untersuchungsgebiet Rösa signifikant höher, aber im zeitlichen Verlauf vergleichbar und ansteigend. Als Ursache hierfür sind noch vorhandene Vorräte basischer Flugaschen in den Humusauflagen von Rösa sowie höhere Mineralisierungsraten und Immobilisierungsprozesse in den Humusauflagen aufgrund erhöhter Einträge von organischer Substanz aus oberirdischen Quellen anzusehen.

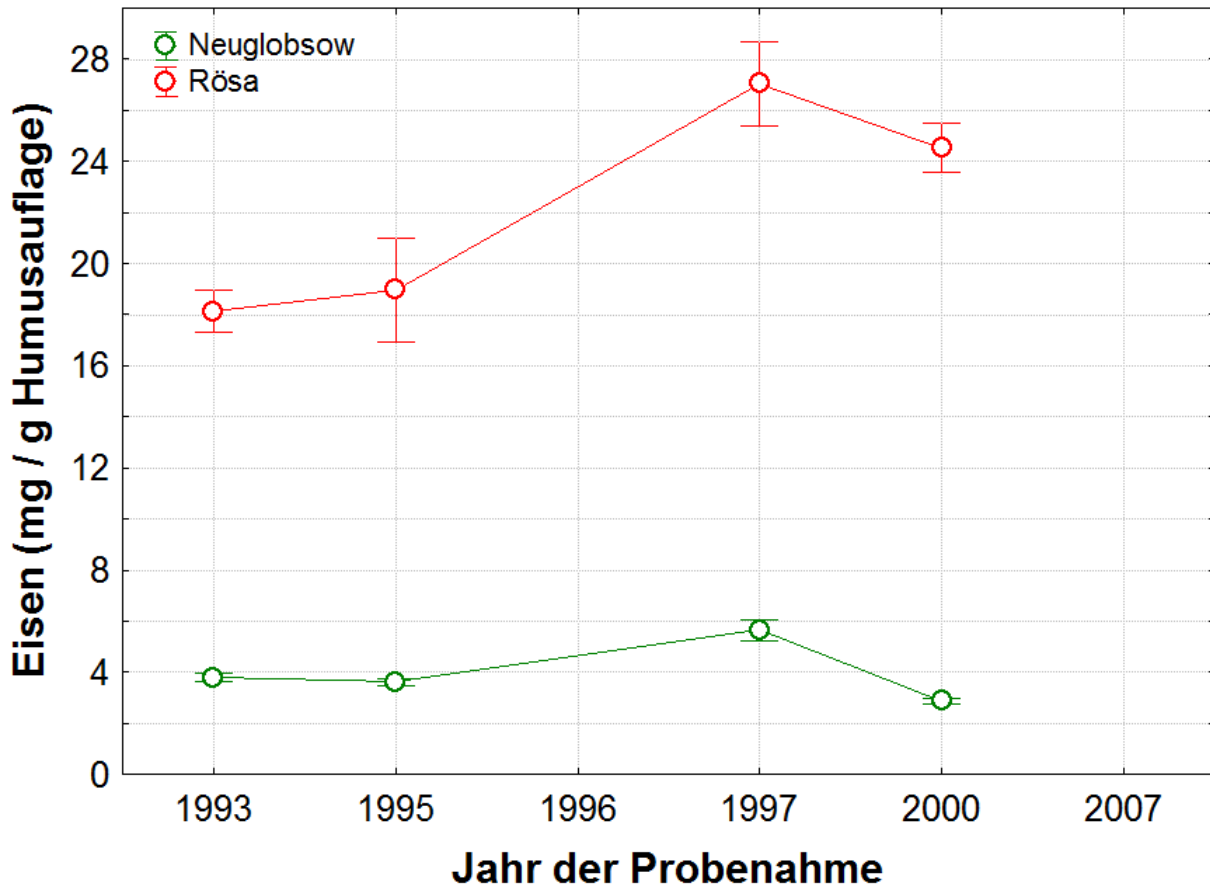


Abb.15: Eisen-Gehalt (Mittelwerte \pm Standardfehler, $n = 5$) in Humusauflagen von Kiefernaltbeständen aus den Untersuchungsgebieten Neuglobsow und Rösa.

Im Vergleich zum Referenzgebiet Neuglobsow sind die Gesamtgehalte von Eisen in den Humusauflagen vom Untersuchungsgebiet Rösa signifikant höher, aber im zeitlichen Verlauf vergleichbar und ansteigend. Als Ursache hierfür sind noch vorhandene Vorräte basischer Flugaschen in den Humusauflagen von Rösa sowie höhere Mineralisierungsraten und Immobilisierungsprozesse in den Humusauflagen aufgrund erhöhter Einträge von organischer Substanz aus oberirdischen Quellen anzusehen.

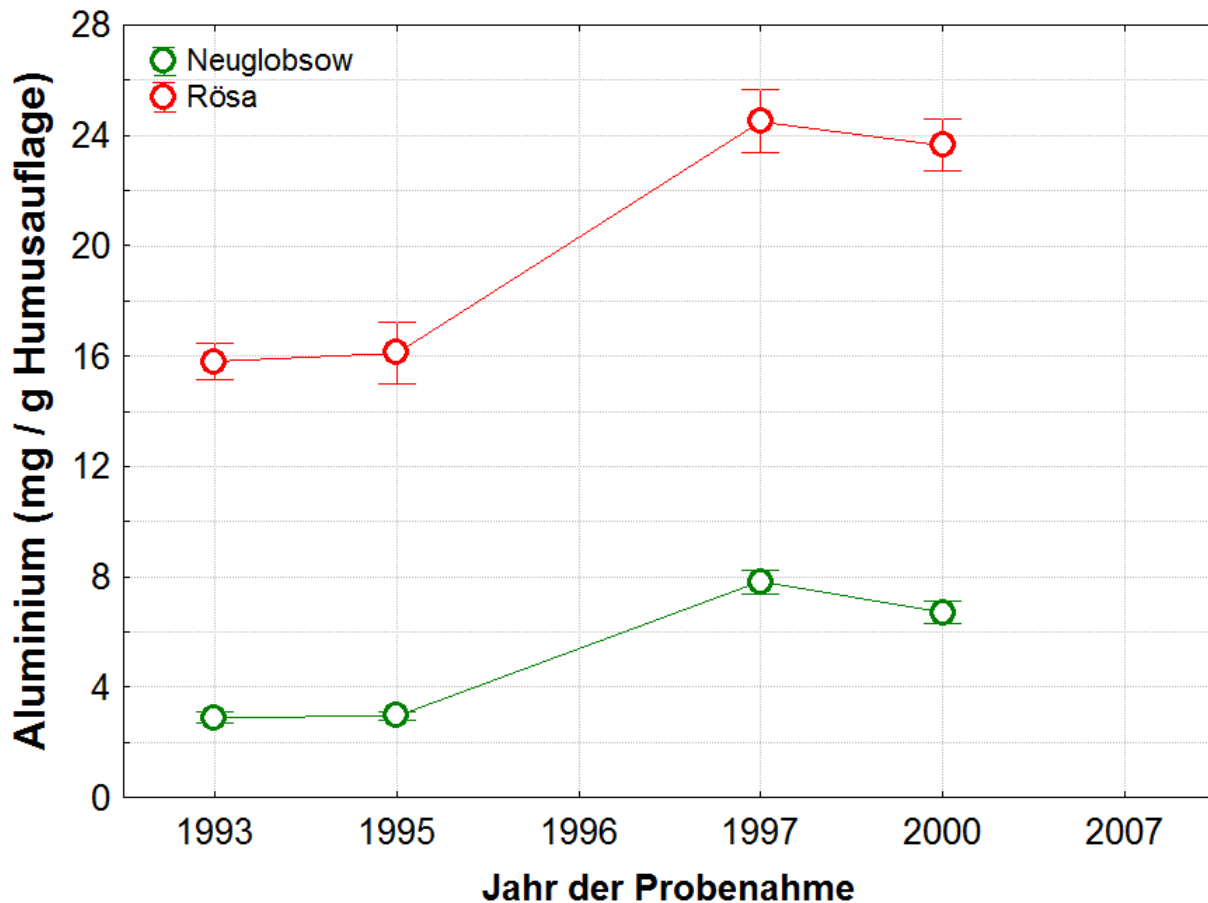


Abb.16: Aluminium-Gehalt (Mittelwerte \pm Standardfehler ($n = 5$)) in Humusauflagen von Kiefernaltbeständen aus den Untersuchungsgebieten Neuglobsow und Rösa.

Im Vergleich zum Referenzgebiet Neuglobsow sind die Gesamtgehalte von Aluminium in den Humusauflagen vom Untersuchungsgebiet Rösa signifikant höher, aber im zeitlichen Verlauf vergleichbar und ansteigend. Als Ursache hierfür sind noch vorhandene Vorräte basischer Flugaschen in den Humusauflagen von Rösa sowie höhere Mineralisierungsraten und Immobilisierungsprozesse in den Humusauflagen aufgrund erhöhter Einträge von organischer Substanz aus oberirdischen Quellen sowie anzusehen.

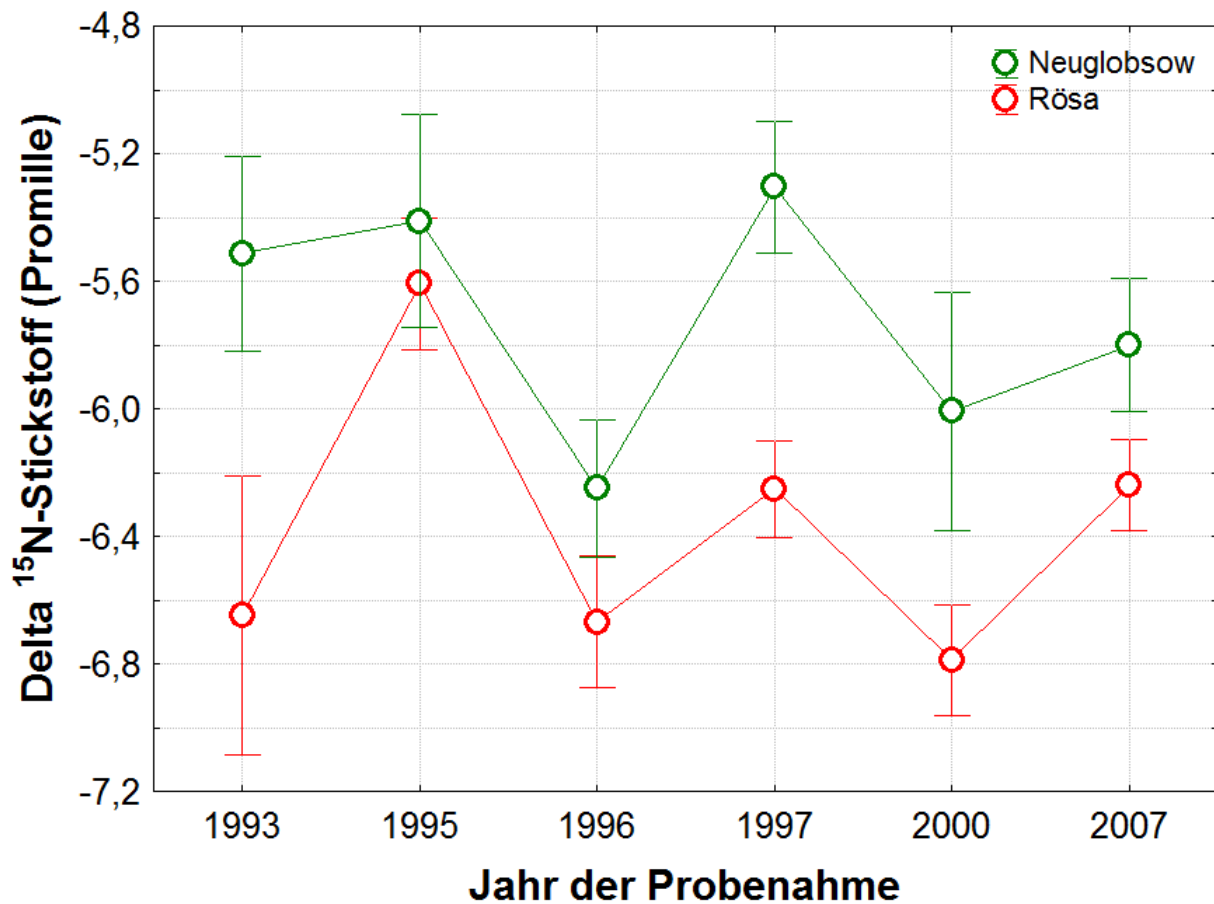


Abb.17: Delta (δ) ^{15}N -Wert von Stickstoff (Mittelwerte \pm Standardfehler, $n = 5$) in Humusauflagen von Kiefernaltbeständen aus den Untersuchungsgebieten Neuglobsow und Rösa.

Die $\delta^{15}\text{N}$ -Werte von Gesamtstickstoff in den Humusauflagen vom Referenzgebiet Neuglobsow sind im Vergleich zum Untersuchungsgebiet Rösa geringfügig positiver, aber im zeitlichen Verlauf vergleichbar. Als Ursache für die Abreicherung von ^{15}N sind hohe Nitrifikationsraten in den Humusauflagen von Rösa verantwortlich.

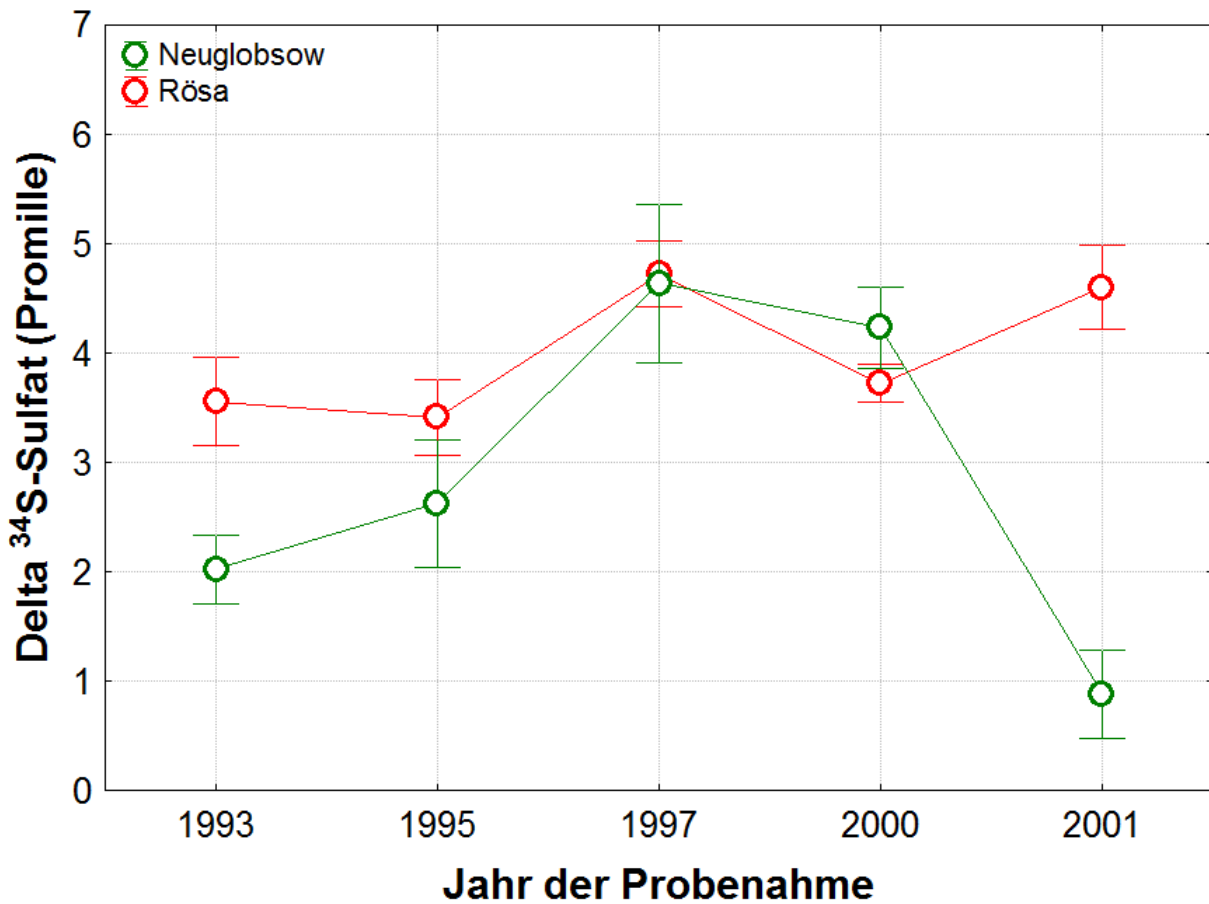


Abb.18: Delta (δ) ^{34}S -Wert von Sulfat (Mittelwerte \pm Standardfehler, $n = 5$) in Humusauf-lagen von Kiefernaltbeständen aus den Untersuchungsgebieten Neuglobsow und Rösa.

Die $\delta^{34}\text{S}$ -Werte von wasserlöslichem Sulfat in den Humusauf-lagen vom Referenzgebiet Neuglobsow und dem Untersuchungsgebiet Rösa unterscheiden sich nur geringfügig und zeigen auch einen sehr ähnlichen zeitlichen Trend. Vermutlich stammt das Sulfat in den Humusauf-lagen aus Rösa nicht aus der Mineralisierung organischer Substanz, sondern aus atmosphärischem Sulfat, das bei reduzierten SO_2 -Immssionen durch Re-Mineralisation aus Eisen-Humus-Komplexen wieder freigesetzt wird (Schulz et al. 2004).

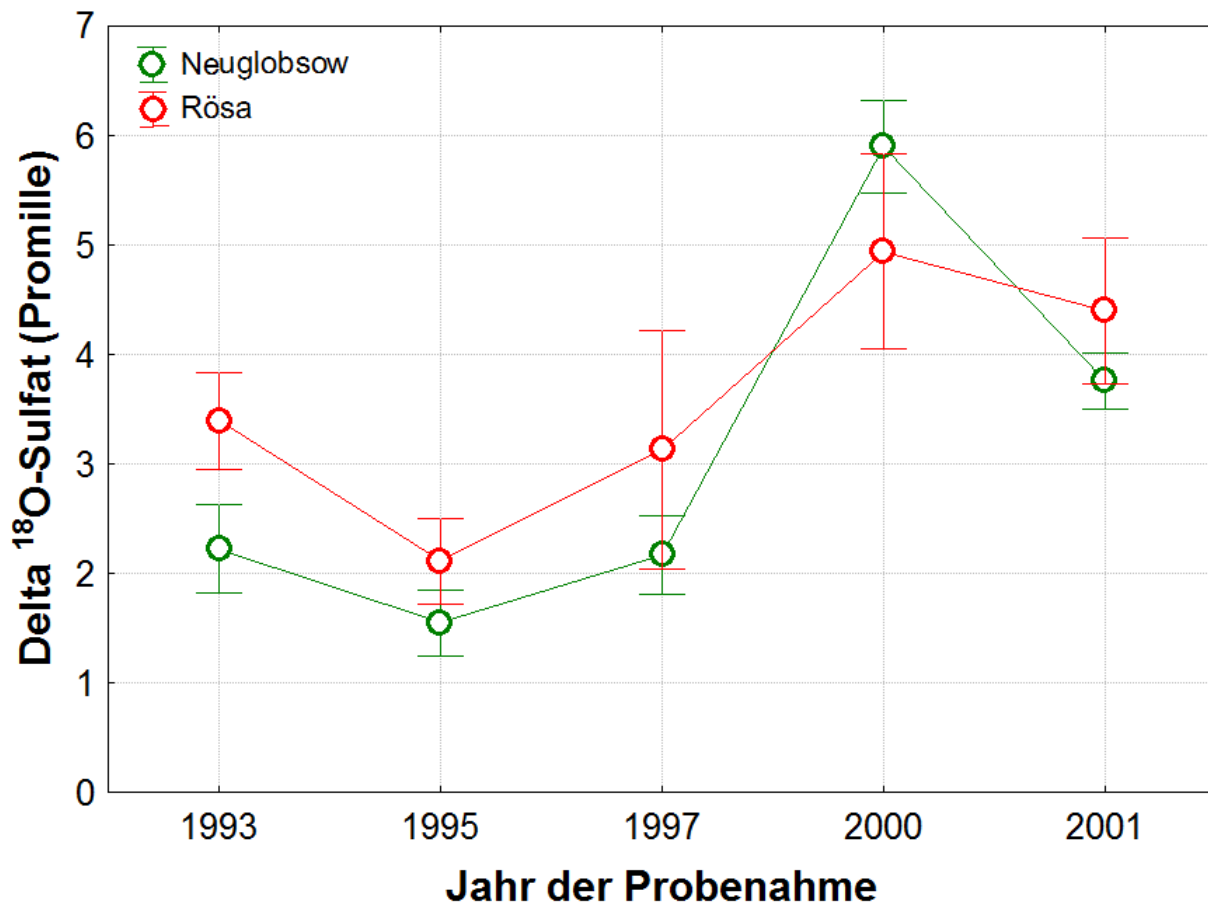


Abb.19: Delta (δ) ^{18}O -Wert von Sulfat (Mittelwerte \pm Standardfehler, $n = 5$) in Humusauf-lagen von Kiefernaltbeständen aus den Untersuchungsgebieten Neuglobsow und Rösa.

Die $\delta^{18}\text{O}$ -Werte von Sauerstoff im wasserlöslichem Sulfat in den Humusauf-lagen vom Re-ferenzgebiet Neuglobsow und dem Untersuchungsgebiet Rösa unterscheiden sich nur ge-ringfügig und zeigen auch den gleichen zeitlichen Trend. Vermutlich stammt das Sulfat in den Humusauf-lagen beider Gebiete nicht aus der Mineralisierung organischer Substanz, sondern aus Sulfat, das seinen Ursprung aus der Verbrennung der gleichen Braunkohle hat.