

# Die Substratgruppe Buntsandstein

Jan Evers, Uwe Paar und Inge Dammann

Jeder der 388 BZE II-Punkte in Hessen, Niedersachsen und Sachsen-Anhalt wurde im Rahmen der Auswertungen der zweiten Bodenzustandserhebung im Wald (BZE II) einer Substratgruppe zugeordnet. Die Generierung der länderübergreifenden Substratgruppen erfolgte dabei nach den Merkmalen Ausgangssubstrat (Ausgangsgestein), Lagerung (Substrat-Lagerung), Bodenart, Bodenmorphologie und Bodenphysik. In Niedersachsen kommen 13 der für Nordwestdeutschland insgesamt definierten 16 Substratgruppen vor. Für 63 BZE II-Punkte (36 %) wurde die Substratgruppe „unverlehmte Sande“ ausgewiesen. Diese Substratgruppe wurde ausführlich im Waldzustandsbericht 2016 vorgestellt. 23 BZE II-Punkte (13 %) wurden als „schwach verlehmte Sande“ eingruppiert. 10 % der BZE II-Punkte werden standörtlich von Lösslehmvorkommen bestimmt. Auf weiteren 16 BZE II-Punkten (9 %) finden sich organisch geprägte Standorte (v. a. ehemalige Moore). Kalkstein- und Buntsandsteinstandorte kommen im BZE II-Kollektiv mit einem Anteil von 8 bzw. 6 % vor. Vier Prozent der BZE II-Punkte gehören zu den Tonschieferstandorten. Die Substratgruppen „Granit“, „Grauwacke“, „Kreidesandstein“, „Lehm“, „Ton(stein)“ und „verlehmte Sande“ sind jeweils mit Anteilen von 1-3 % vertreten (s. Abb. unten). Neben den Kalkgesteinen ist der Buntsandstein, der im Folgenden vorgestellt wird, typisch für das Bergland.

## Geologie

Der Buntsandstein besteht aus verschiedenen Sedimenten, die durch Wind und Wasser abgelagert und den Druck überliegender Deckschichten verfestigt wurden. Je nach Sedimentanlieferung und -ablagerung kann der Buntsandstein sehr verschieden zusammengesetzt sein. Er ist also kein buntgefärbter Sandstein, sondern eine mehrere hun-



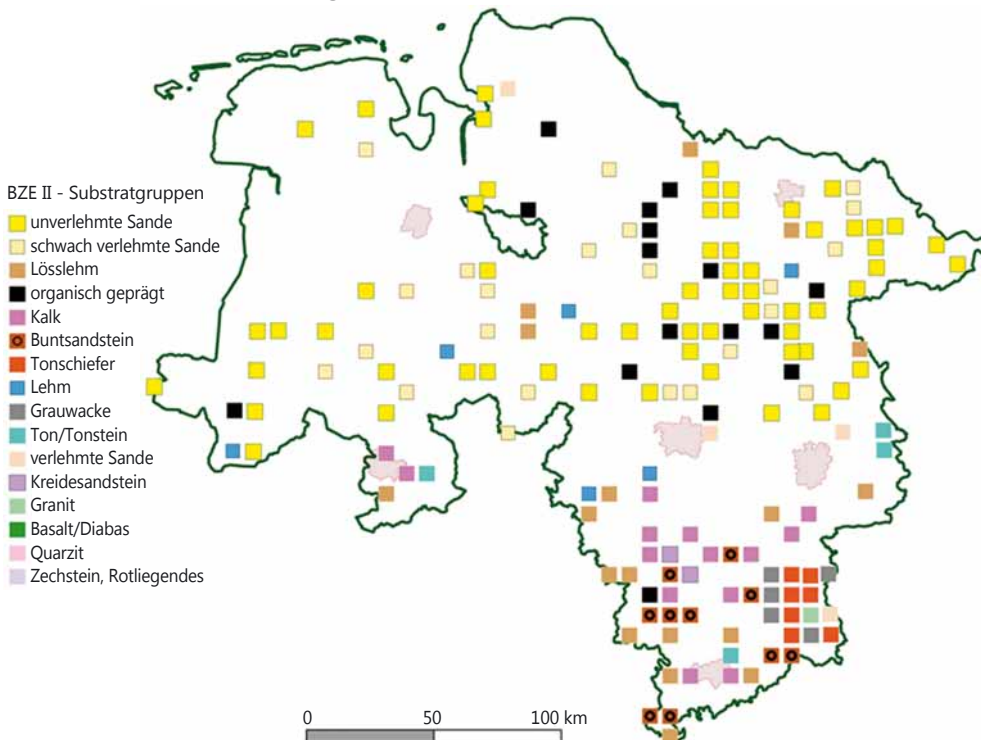
Typisches BZE-Buntsandsteinprofil bei Silberborn im Solling, eine Braunerde mit hohen Steinanteilen im Unterboden, der gut durchwurzelt ist  
Foto: NW-FVA

dert Meter mächtige Gesteinsabfolge vor allem der Unteren Trias, die vor ca. 240-250 Mio. Jahren entstanden ist. Zur Zeit ihrer Ablagerung bedeckten die Buntsandstein-Sedimente den größten Teil Deutschlands, heute treten sie nur noch auf weniger als 10 % der Gesamtfläche unmittelbar zu Tage. Zusammen mit den jüngeren Muschelkalk- und Keupergesteinen prägt der Buntsandstein weite Teile der Mittelgebirgs- und Schichtstufenlandschaft in Deutschland (Lepper 2013).

In weiten Teilen des norddeutschen Beckens ist der Buntsandstein überdeckt durch mächtige, erdzeitlich jüngere Schichten. Im Norden tritt er mit der Nordseeinsel Helgoland an die Oberfläche und ist im Übergang zur Hessischen Senke im Osnabrücker Bergland, Hildesheimer Wald, Vogler, Weserbergland, nördlichen Harzvorland und dem Eichsfeld bestimmendes Gestein in den Waldböden Niedersachsens (Röhling 2013). Im BZE II-Kollektiv liegen die Buntsandstein-Punkte im Solling, Weserbergland, dem südlichen Harzrand und Kaufunger Wald (siehe Abb.).

Die Sedimente bestehen im Wesentlichen aus Flussanden (eher nährstoffärmer) und feinkörnigen Stillwasserablagerungen (nährstoffreicher), die von höher gelegenen Gebieten über Fließgewässer transportiert wurden. Die Ablagerungen verfestigten sich dann unter dem Gewicht weiterer Sedimentfolgen jüngerer Zeitalter und wurden nach dem Abtrag dieser Schichten im Zuge tektonischer Gebirgsfaltungen, Erosion und

Substratgruppen in Niedersachsen



Zuordnung der 173 BZE II-Punkte in Niedersachsen und Bremen zu Substratgruppen

# Die Substratgruppe Buntsandstein



Mächtige Buntsandsteinblöcke im Hainsimsen-Buchenwald laden zum Klettern ein. Foto: J. Evers

Verwitterung wieder freigelegt. Je nach Beschaffenheit und Herkunft des sedimentierten Materials kann der Buntsandstein sehr unterschiedlich zusammengesetzt sein. Es können z. B. auch Tone, Kalke und Gipse bis hin zu kiesigen Schichten mit eingelagert sein. Die namensgebende rotbraune Färbung resultiert aus Eisenoxid, welches aus der Verbindung von im Gestein enthaltenem Eisen mit Luftsauerstoff im Wechsel von Feucht- und Trockenphasen entsteht. Durch Bleichungsprozesse kommen aber auch gelbliche bis sehr helle Farben vor.

Standorte des Oberen Buntsandsteins (Röt) sind in Niedersachsen nur selten mit Wald bestockt. Sie weisen einen höheren Tongehalt und eine bessere Nährstoffversorgung auf und werden i. d. R. landwirtschaftlich genutzt. Unter Wald werden sie überwiegend in die Substratgruppe Ton(stein) eingeordnet.

Der Untere und Mittlere Buntsandstein ist durch Serien feinkörniger Sandsteine und Tonsteine charakterisiert. Sie werden von grobkörnigen Sandsteinen unterbrochen, die jeweils eine neue Sedimentationsfolge einleiten.

Der Mittlere Buntsandstein wird klassisch unterteilt in den Hauptbuntsandstein (sm1) und den Bausandstein (sm2). Er kann aber auch in vier Sedimentations-Großzyklen gegliedert werden: Solling-, Hardeggen-, Detfurth- und Volpriehausen-Formation. Der Untere Buntsandstein wird in die Bernburg- und Calvörde-Formation gegliedert.

Der Buntsandstein wurde immer schon als Bau- und Erdmaterial geschätzt, viele historische Gebäude wie Kirchen, Klöster und Brücken wurden aus diesem Material errichtet. Im Wald finden sich daher häufig alte, aufgelassene Steinbrüche. Die Porosität der sandigen Gesteine im tieferen Untergrund ermöglicht Erdgasspeicherung (Südoldenburg), sichert Geothermie-Potential und Trinkwasser (Mittel- und Süddeutschland) (Lepper 2013).

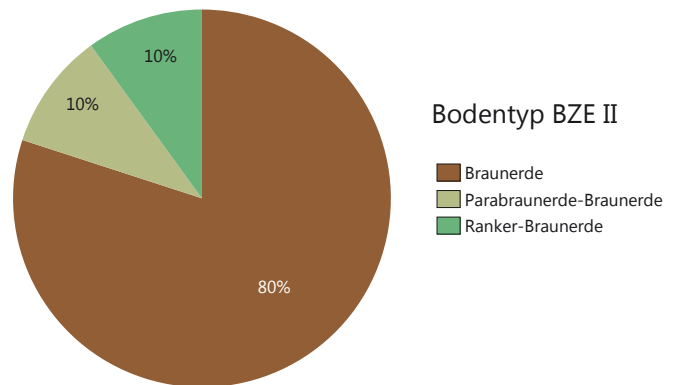
## Bodenartenschichtung (Substrat-Lagerung)

Überwiegend findet man an den BZE II-Punkten auf Buntsandstein in Niedersachsen lehmig-sandige oder auch schluffig-lehmige Decken bis zu 30 cm Mächtigkeit über dem skelettreichen Buntsandstein. Auf ca. 20 % der BZE II-

Punkte auf Buntsandstein sind diese feinkörnigen Decken, auch mit Lösslehm, bis zu 70 cm mächtig. Vereinzelt kommen auch tonige oder basenreiche Buntsandstein-Ausprägungen vor.

## Bodentypen

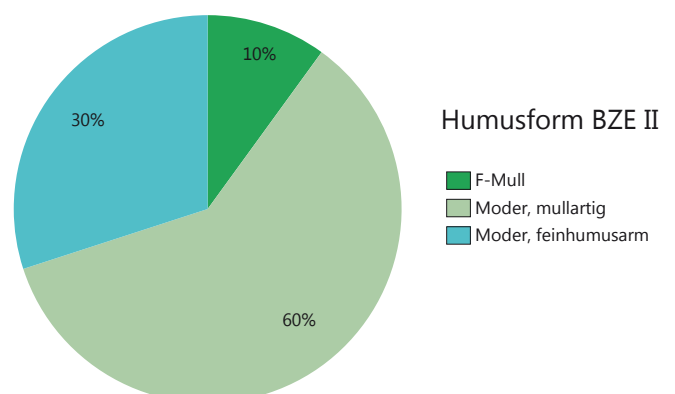
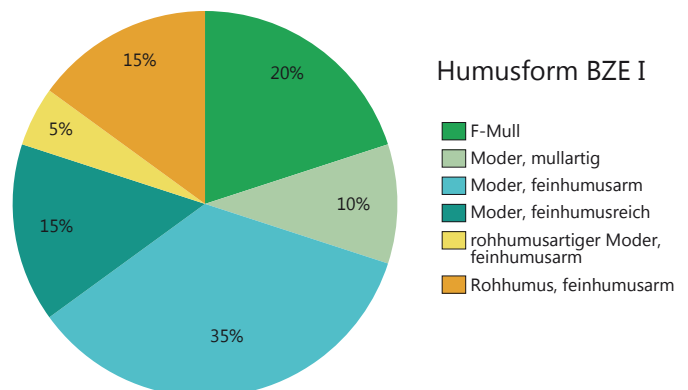
Der charakteristische Bodentyp in der Substratgruppe Buntsandstein ist die Braunerde. Im BZE II-Kollektiv wurden in dieser Substratgruppe zu 80 % reine Braunerden ausgewiesen, teilweise kommen noch Parabraunerden-Braunerden (bei höherem Lösseinfluss) und Ranker-Braunerden vor.



Verteilung der Bodentypen in der Substratgruppe Buntsandstein in Niedersachsen (BZE II)

## Humusformen

Die vorkommenden Humusformen auf den Standorten der Substratgruppe Buntsandstein in Niedersachsen sind zum Zeitpunkt der BZE II recht günstig: Insgesamt 10 % der betreffenden BZE-Punkte zeigen den Humustyp F-Mull, 60 % die Humusform mullartig Moder und nur 10 % den feinkörnigen



Verteilung der Humusformen in der BZE I (oben, n=20) und BZE II (n=10) der Substratgruppe Buntsandstein in Niedersachsen



# Die Substratgruppe Buntsandstein



Hainsimsen-Buchenwald Hüttenholz bei Göttingen Foto: J. Evers

musarmen Moder (Abb. Seite 36 unten). Zum Zeitpunkt der BZE I (1990) lag der Anteil dieser relativ günstigen Humusformen in der Substratgruppe Buntsandstein nur bei 65 %, 35 % der BZE-Punkte wiesen schlechtere Humusformen auf. Diese Verbesserung in den Humusformen kann zum einen auf die Waldkalkung zurückgeführt werden, da 90 % aller BZE II-Buntsandstein-Standorte gekalkt wurden, zum anderen auf die immer noch zu hohen Stickstoffeinträge, die die Mineralisierung im Auflagehumus antreiben können. Die durchschnittliche Trockenmasse im Auflagehumus hat von der BZE I zur BZE II um 36 % abgenommen, eine zwar deutliche, aber nicht signifikante Abnahme. Diese Tendenz passt zu den deutlich besseren Humusformen in der BZE II. Für gesicherte Unterschiede ist das Stichprobenkollektiv bei den auftretenden Schwankungen im Auflagehumus in der BZE für diese Substratgruppe zu gering.

## Trophie

Die Trophiestufen der Buntsandstein-Standorte liegen zu 10 % im gut mesotrophen, zu 60 % im mesotrophen und zu 30 % im schwach mesotrophen Bereich. Die bessere Nährstoffversorgung findet sich eher in den tonigeren Ausprägungen des Buntsandsteins, die schwächere Nährstoffausstattung eher in den sandigeren, flachgründigen Standorten.

## Natürliche Waldgesellschaften und aktuelle Bestockung

Auf Buntsandstein-Standorten kommen natürlicherweise Hainsimsen-Buchenwälder und Hainsimsen-Waldmeister-Buchenwälder vor.

Hainsimsen-Waldmeister-Buchenwälder finden sich vorzugsweise auf Standorten mit mächtigeren Lösslehmdecken (bis 70 cm) oder den tonigeren Ausprägungen des Buntsandsteins. Charakterarten der Hainsimsen-Waldmeister-Buchenwälder sind u. a. Weiße Hainsimse, Buschwindröschen, Flattergras, Waldmeister, Wald-Segge, Eichenfarn, Frauenfarn und Goldnessel.

Hainsimsen-Buchenwälder sind typisch für mittlere Buntsandstein-Standorte, neben der Hainsimse kommen u. a. Drahtschmiele, Frauenhaarmoos, Pillensegge, Wald-Ehrenpreis, Rotes Straußgras, Sauerklee, Frauenfarn und Rasenschmiele vor.

Zum Zeitpunkt der BZE II waren 60 % der Buntsandstein-Standorte überwiegend mit Buche und 40 % überwiegend mit Fichte bestockt. Weitere, häufig vorkommende Mischbaumarten auf Buntsandstein sind die Lärche, Eiche und Douglasie, auf den besser nährstoffversorgten Standorten auch Bergahorn.

## Chemische Bodenkenngrößen

### Austauschkapazität

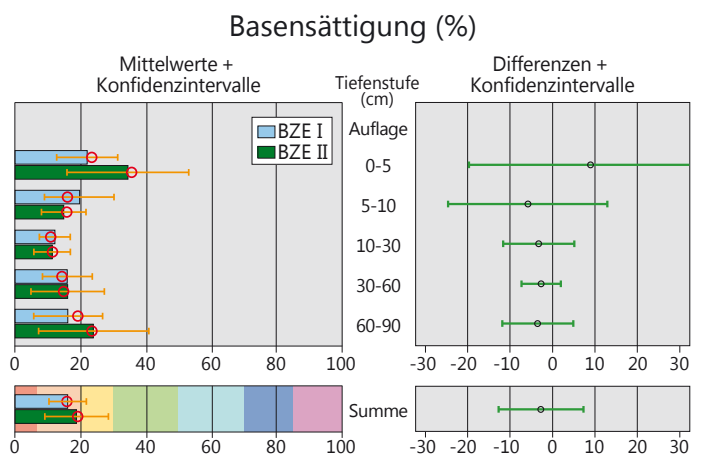
Eine der wichtigsten bodenchemischen Kenngrößen ist die Austauschkapazität als Summe der Konzentrationen der leicht mobilisierbaren Kationbasen Calcium, Magnesium, Kalium und Natrium sowie der Kationsäuren Aluminium, Eisen, Mangan und Protonen.

Die Substratgruppe Buntsandstein gehört in Niedersachsen zu den mittel mit Nährstoffen versorgten Standorten. Die mittlere Austauschkapazität beträgt 600 kmol<sub>c</sub> je Hektar bis 90 cm Bodentiefe und liegt damit durchschnittlich sogar im mittel-hohen Bewertungsbereich der AK-Standortskartierung (2016). Die über das Profil summierte Austauschkapazität schwankt je nach Standort zwischen 250 kmol<sub>c</sub> je Hektar (noch mittlerer Bewertungsbereich) bis über 1000 kmol<sub>c</sub> je Hektar (gerade hoher Bewertungsbereich).

### Basensättigung

Im Zuge fortschreitender Bodenversauerung werden die an der Pufferung beteiligten basischen Kationen Calcium, Magnesium und Kalium vom Austauscher durch die sauren Kationen Aluminium, Eisen, Mangan und Wasserstoff-Ionen verdrängt. Die Austauschkapazität bleibt dabei weitgehend konstant, es verringert sich jedoch die Basensättigung, also der relative Anteil der basischen Nährstoffkationen Calcium, Magnesium, Kalium und Natrium im Vergleich zur Summe aller Kationen am Austauscher. Ein starkes Absinken der Basensättigung im Mineralboden ist eine Folge luftbürtiger versauernd wirkender Stoffeinträge. Eine Basensättigung unterhalb von 20 % wird als gering, unter 7 % als sehr gering eingestuft. Diese Werte werden in den am stärksten versauerten Waldböden erreicht. Für Böden mittlerer Nährstoffgüte ist eine Basensättigung von 30 bis 50 % definiert.

Für die Buntsandstein-BZE II-Standorte in Niedersachsen liegt die durchschnittliche Basensättigung auf Profilebene bei 19 % und damit im geringen Bewertungsbereich. Ähnlich geringe durchschnittliche Basensättigungen in Niedersachsen bis 90 cm Bodentiefe zeigen auch die Substratgruppen Granit, unverlehmter Sand, Tonschiefer und organisch geprägte Standorte. Die durchschnittlichen Calcium- und Magnesiumvorräte im Buntsandstein liegen im mittleren, die Kaliumvorräte im geringen Bewertungsbereich.



Basensättigung der Substratgruppe Buntsandstein (n=10) in niedersächsischen Waldböden als Mittelwert für die BZE I und II (linke Spalte) und Differenz (BZE II - BZE I) (rechte Spalte) nach Tiefenstufen und Summe bis 90 cm.

# Die Substratgruppe Buntsandstein



BZE-Buntsandsteinprofil südlich von Scharzfeld am südlichen Harzrand, eine Braunerde mit tonigem Buntsandstein, erkennbar an den teilweise glänzenden Oberflächen  
Foto: NW-FVA

## Veränderung der Basensättigung

Für die Buntsandstein-Standorte verringerten sich die durchschnittlichen Basensättigungswerte zwischen den BZE-Zeitpunkten mit Ausnahme der Tiefenstufe 0-5 cm leicht, doch sind diese Unterschiede in keinem Fall signifikant (s. Abb. Seite 37, rechts). Die Zunahme der Basensättigung in 0-5 cm kann als Reaktion auf die Waldkalkungen angesehen werden. Da alle BZE II-Punkte auf Buntsandstein gekalkt wurden, fehlt für eine gesicherte Aussage das Vergleichskollektiv. Mit 40 % Basensättigung zum Zeitpunkt der BZE II sind in der Tiefenstufe 0-5 cm mittlere Verhältnisse erreicht. Sie hat sich gegenüber der BZE I um 5 %-Punkte verbessert. In den Tiefenstufen 5-10, 10-30 und 30-60 cm verringerte sich die durchschnittliche Basensättigung nur geringfügig. Grundsätzlich sind die Buntsandstein-Standorte für Waldkalkungen in Abhängigkeit bereits vollzogener Waldkalkungen und standörtlichen Voraussetzungen vorgesehen. Obwohl schon einmal gekalkt, befinden sich 80 % der Buntsandstein-BZE II-Punkte in 30-60 cm Bodentiefe des unteren Hauptwurzelraumes unter 15 % Basensättigung und 100 % unter pH(KCl) 4,5. Diese Standorte sind damit aus bodenchemischer Sicht für eine Wiederholungskalkung vorgesehen.

Wesentliche Veränderungen gegenüber der BZE I haben auch für die pH-Werte nicht stattgefunden. Die Buntsandstein-Standorte decken den Austauscher-Pufferbereich ab. Seit der BZE I sind die mittleren pH(H<sub>2</sub>O)-Werte im Auflagehumus signifikant angestiegen

und im Mineralboden weitgehend konstant geblieben. Die pH(KCl)-Werte sind tendenziell gesunken (Ausnahme Auflagehumus und 0-5 cm Bodentiefe), signifikante Unterschiede wurden nicht gefunden. Der Anstieg der pH(H<sub>2</sub>O)-Werte kann mit geringeren Säureeinträgen im Niederschlag, vor allem Schwefelsäure, erklärt werden. Dennoch laufen im Boden weiterhin Pufferreaktionen ab, die Protonen an der Bodenmatrix binden und damit sinkende pH(KCl)-Werte verursachen.

## Ernährungssituation der Waldbäume

In der Substratgruppe Buntsandstein sind in Niedersachsen vorwiegend Buchen und Fichten vertreten. Die Bewertung der Ernährungssituation dieser Baumarten erfolgt anhand der Mediane für die Hauptnährstoffe (Stickstoff, Kalium, Phosphor, Calcium und Magnesium) sowie der Stickstoffquotienten zum Zeitpunkt der BZE II im Jahr 2007 (Tabelle unten).

Für Buche und Fichte zeigen die Mediane auf Buntsandstein eine überwiegend gute Versorgung (Normalbereich) mit Calcium und Magnesium. Auch die Mediane der N/Ca- und N/Mg-Quotienten sind für beide Baumarten ausgewogen. Die Spanne der Calcium- und Magnesiumgehalte in den Blättern und Nadeln ist allerdings weit. Es treten sowohl latenter Mangel als auch Gehalte oberhalb des Normalbereichs auf. Die gute Versorgung mit Calcium und Magnesium steht in engem Zusammenhang mit Kalkungsmaßnahmen.

Phosphordefizite der Buche sind in Niedersachsen weit verbreitet und treten in allen Substratgruppen auf. Der Median der Phosphorgehalte in den Buchenblättern auf Buntsandstein entspricht dem Landesdurchschnitt. Bei den Fichten auf Buntsandstein sind an keinem BZE II-Punkt Defizite in den Phosphorgehalten der Fichtennadeln aufgetreten.

Auch (latenter) Kaliummangel wurde im Rahmen der BZE II in Niedersachsen in Buchenblättern und Fichtennadeln häufig festgestellt. 54 % der Buchenpunkte und 36 % der Fichtenpunkte weisen landesweit Kaliumdefizite auf. Diese angespannte Kaliumversorgung zeigt sich auch auf Buntsandstein. Die Mehrzahl der Buchenblätter und Fichtennadeln weisen (latenten) Mangel und unausgewogene N/K-Quotienten auf.

Insgesamt zeigen die Blatt- und Nadelanalysen der BZE II, dass die Ernährungssituation von Buche und Fichte auf gekalkten Buntsandsteinstandorten für die genannten Nährstoffe dem Landesdurchschnitt für Niedersachsen entspricht.

## Elementgehalte und Stickstoffquotienten

Baumart	Anzahl BZE-Punkte	Elementgehalte (mg/g)					Stickstoffquotient			
		Stickstoff N	Phosphor P	Kalium K	Calcium Ca	Magnesium Mg	N/P	N/K	N/Ca	N/Mg
Rotbuche	11	24	1,1	5,7	8,0	1,1	19,3	4,0	3,0	20,4
Rotfichte	6	17	1,5	4,5	4,8	1,1	11,1	3,7	3,8	16,1

Elementgehalt im latenten Mangel bzw. Stickstoffquotient unausgewogen  
 Elementgehalt im Normalbereich bzw. Stickstoffquotient ausgewogen

Median der Elementgehalte und Stickstoffquotienten in Blättern und Nadeln (1. Nadeljahrgang) von Buche und Fichte an BZE II-Punkten auf Buntsandstein. Bewertung der Elementgehalte nach Göttlein (2015) und der Stickstoffquotienten nach Mellert u. Göttlein (2012)