

Neue Ernährungskennwerte für die in Mitteleuropa eingebürgerten Baumarten Douglasie, Roteiche und Robinie – Eine statistische Herleitung aus VAN DEN BURG'S Literaturzusammenstellung

Aus dem Fachgebiet Waldernährung und Wasserhaushalt, Wissenschaftszentrum Weihenstephan,
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2, D-85354 Freising

(Mit 1 Abbildung und 4 Tabellen)

A. GÖTTLIN^{*)} und R. ZEHLE

(Angenommen Februar 2019)

DOI-Nummer: 10.23765/afjz0002027

SCHLAGWÖRTER – KEY WORDS

Waldernährung; Blatt- und Nadelspiegelwerte; Nähr-elementverhältnisse; Douglasie; Roteiche; Robinie.

Forest nutrition; critical leaf and needle concentrations; nutrient ratios; Pseudotsuga menziesii; Quercus rubra; Robinia pseudoacacia.

1. EINLEITUNG

Douglasie, Roteiche und Robinie stammen ursprünglich aus Nordamerika und werden seit Mitte des 18. Jahrhunderts (Robinie) bzw. seit Mitte des 19. Jahrhunderts in Mitteleuropa angebaut (STINGLWAGNER et al., 2005). In Deutschland ist vor allem die Douglasie mit einer aufsummierten Standfläche von 217604 ha (BWI, 2012) eine wichtige Baumart. In Rheinland-Pfalz erreicht sie sogar einen Standflächenanteil von 6,4%. Während Roteiche und Robinie in Deutschland nur einen sehr geringen Flächenanteil einnehmen (nach BWI, 2012 0,2% bzw. 0,1%), sind diese beiden Baumarten z.B. in Ungarn durchaus von forstlicher Relevanz. Nach der Forstinventur 2010–2014 (NFCSO, 2017) hat die Roteiche einen Anteil an der bestockten Waldfläche Ungarns von 0,7% (13147 ha). Die Robinie kommt sogar auf 414074 ha, was einem Waldflächenanteil von 22,6% entspricht. Sie ist damit in diesem Land die verbreitetste Baumart.

Die Literaturzusammenstellung von VAN DEN BURG (1985, 1990) enthält für Douglasie, Roteiche und Robinie genügend Datensätze, um daraus auf statistischer Basis ernährungskundliche Grenzwerte abzuleiten, nach der gleichen Berechnungsmethode, die schon für die Hauptbaumarten (GÖTTLIN et al., 2011) und wichtige Nebenbaumarten Mitteleuropas (GÖTTLIN und ZEHLE, 2018) angewandt wurde. Für die Douglasie existieren darüber hinaus in der Literatur mehrere Bewertungssysteme. Für diese Baumart ist es daher möglich, die aus VAN DEN BURG (1985, 1990) abgeleiteten Grenzwerte mit diesen Systemen zu vergleichen. Als Ergänzung zu Nadel- bzw.

Blattspiegelwerten können auch Nährlementrelationen für die Ernährungsdiagnose herangezogen werden (FLÜCKIGER und BRAUN, 2003; FIEDLER und HÖHNE, 1984). Auch diese wurden nach dem Berechnungsschema von GÖTTLIN (2016) abgeleitet, so dass mit dem vorliegenden Beitrag auch für die in Mitteleuropa eingebürgerten Baumarten Douglasie, Roteiche und Robinie ein umfassender Satz an ernährungskundlichen Grenzwerten zur Verfügung gestellt werden kann.

2. MATERIAL UND METHODEN

VAN DEN BURG (1985, 1990) hat in seinem handschriftlichen Tabellenwerk die in der Literatur verfügbaren Kennwerte der ernährungskundlichen Optimumskurve (LARCHER, 1994) zugeordnet. Dabei wird im Mangelbereich zwischen extremem sowie deutlichem Mangel mit entsprechenden Mangelsymptomen und dem latenten Mangel unterschieden. Bei letzterem zeigen die Pflanzen keine Symptome, reagieren jedoch sehr deutlich auf Düngung. Im Normalbereich gibt es nurmehr eine sehr schwache bis keine positive Reaktion auf Düngung. Dieser Bereich wurde in Anlehnung an BML (1995) in drei Unterbereiche gegliedert. Der Überschussbereich unterscheidet zwischen Luxuskonsum und extremem Überschuss, bei dem es zu Wachstumsdepressionen und Toxizitätserscheinungen kommen kann. Für die drei Baumarten wurden alle bei VAN DEN BURG (1985, 1990) aufgelisteten Daten analog zu der bereits für die Hauptbaumarten beschriebenen Form (GÖTTLIN et al., 2011) EDV-technisch erfasst und verarbeitet. Die Ausreißerkennung und -bereinigung erfolgte anhand von pro Baumart und Nährlement erstellten Box-Plots. Zur Berechnung der ernährungskundlichen Grenzwerte wurden, wie in o.g. Veröffentlichung beschrieben, an den entsprechenden Klassengrenzen Mittelwerte gebildet. Da der Normalbereich für die ernährungskundliche Einwertung von Blatt- und Nadelspiegelwerten die höchste praxisbezogene Relevanz hat, wurden die Grenzen dieses Bereichs jeweils um den Standardfehler erweitert. Dies bedeutet, dass in den so errechneten Tabellen die Untergrenze des Normalbereichs tendenziell zu „vorsichtig“, die Obergrenze eher zu „großzügig“ angegeben ist. Analoges gilt für die Untergrenze des latenten Mangels. In den nachfolgenden Tab. 1 bis 3 wird ein Grenzwert

^{*)} Korrespondierender Autor: Prof. Dr. Dr. AXEL GÖTTLIN. Fachgebiet Waldernährung und Wasserhaushalt, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, TU München, Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2, D-85354 Freising.
E-Mail: goettlein@forst.tu-muenchen.de

nur dann angegeben, wenn er durch mindestens drei dahinterliegende Datenwerte errechnet wurde. Ferner enthalten diese Tabellen eine Abschätzung der Qualität der angegebenen Werte, die sich an der Größe des relativen Standardfehlers des Mittelwertes orientiert. Bei fett gedruckten Werten liegt dieser unter 10%, bei normal gedruckten Werten zwischen 10 und 25% und bei kursiv gedruckten Werten über 25%, jedoch unter 50%. Nach UNITED NATIONS (2005) gelten Werte unter 25% als verlässlich, Werte zwischen 25 und 50% sollten mit Vorsicht interpretiert werden und Werte größer 50% gelten als unzuverlässig.

Bei der Vorstellung der Grenzwerte für die einzelnen Baumarten wird jeweils angegeben, wie viele Datensätze in die Auswertung eingegangen sind und wie sich diese auf die Altersgruppen (jung, alt, keine Angabe) verteilen. Dies soll dem Leser eine Einschätzung ermöglichen, wie gut die errechneten Grenzwerte zu den von ihm zu bewertenden Pflanzen passen. Wie die Auswertung für die Hauptbaumarten zeigte, gibt es durchaus Unterschiede in den Ernährungsgrenzwerten alter und junger Bäume (GÖTTLEIN et al., 2011). Eine derartige getrennte Datenauswertung ist aufgrund der Datenlage für die hier vorgestellten Baumarten jedoch nicht sinnvoll.

Aus den Grenzwerten der normalen Ernährung wurden zusätzlich Nährelementrelationen ableitet. Nach dem Berechnungsschema von GÖTTLEIN (2016) wird der harmonische Bereich durch kreuzweise Verrechnung der Grenzen des Bereichs normaler Ernährung ermittelt. Der Optimalbereich der Nährelementrelationen ergibt sich aus der Wertespanne bei Verrechnung sich entsprechender Grenzwerte.

3. ERGEBNISSE UND DISKUSSION

3.1 Auswertung der Literaturzusammenstellung VAN DEN BURG's

3.1.1 *Douglasie* (*Pseudotsuga menziesii*)

Mit 714 Datenzeilen finden sich für die Douglasie mit Abstand die meisten Eintragungen. In seinem Gesamtwerk gibt VAN DEN BURG (1985, 1990) lediglich bei Fichte noch mehr Datenzeilen an. 417 der Datensätze beziehen sich auf Jungpflanzen, 99 davon auf Topf-, Nährösungs- und Sandkulturversuche. Bäume höheren Alters sind mit nur 65 Zeilen und Bäume ohne Altersangabe mit 232 Zeilen beschrieben. Die errechneten Grenzwerte finden sich in Tab. 1, ein Vergleich dieser Werte mit anderen Bewertungssystemen zur Douglasie erfolgt in Kapitel 3.2. Bei extremem Mangel kann der in der Pflanzernährung bekannte Verdünnungseffekt auftreten. Dieser bewirkt, dass bei extremer Unterversorgung eine geringe Nährstoffzugabe das Pflanzenwachstum überproportional anregt und damit die Nährelementgehalte absinken (LARCHER, 1994). Umgekehrt bedeutet dies, dass Pflanzen mit extremem Mangel durch eingeschränkte Biomassebildung höhere Nährstoffgehalte aufweisen können (sog. „Hungerstadien“), wie dies in Tab. 1 für P, Mg und B zu beobachten ist.

3.1.2 *Roteiche* (*Quercus rubra*)

Für Roteiche sind insgesamt 206 Datensätze vorhanden, von denen 20 von Altbeständen, 78 von Jungpflanzen und 108 von Bäumen nicht definierter Altersklasse stammen. Bei den Jungpflanzen kommen 19 Datenzeilen aus Topf-, Nährösungs- sowie Sandkulturexperimenten. In Tab. 2 sind die entsprechenden Ergebnisse aufgezeigt. Die bei KRAUSS und HEINSDORF (2005) für die

Tab. 1

**Ernährungskundliche Grenzwerte für die Douglasie abgeleitet aus dem Datensatz von VAN DEN BURG;
Fettdruck: Standardfehler <10%; Normaldruck: Standardfehler 10–25%, Kursivdruck: Standardfehler 25–50%.**

**Nutritional threshold values for Douglas fir as derived from the dataset of VAN DEN BURG.
Bold type: standard error <10%; normal type: standard error 10–25%; italic type: standard error 25–50%.**

Douglasie (<i>Pseudotsuga menziesii</i>)								
	Mangelbereich deficiency range			Normalbereich normal range			Überschussbereich surplus	
	extrem extreme	Mangel deficiency	latent latent	unterer lower	mittlerer central	oberer upper	Luxus luxury	extrem extreme
N (mg/g)	< 10,4	< 11,1	11,1 - 13,3	13,3 - 14,7	14,7 - 17,5	17,5 - 18,8	18,8 - 25,7	> 25,7
P (mg/g)	< 1,2	< 1,0	1,0 - 1,3	1,3 - 1,6	1,6 - 2,2	2,2 - 2,6	2,6 - 6,3	> 6,3
K (mg/g)	< 4,6	< 4,8	4,8 - 5,5	5,5 - 6,4	6,4 - 8,3	8,3 - 9,2	9,2 - 12,5	> 12,5
Ca (mg/g)	< 1,9	< 2,0	2,0 - 2,4	2,4 - 3,3	3,3 - 4,6	4,6 - 5,0	5,0 - 6,3	> 6,3
Mg (mg/g)	< 0,6	< 0,5	0,5 - 0,8	0,8 - 1,0	1,0 - 1,3	1,3 - 1,5	1,5 - 1,7	> 1,7
S (mg/g)			< 1,1	1,1 - 1,4	1,4 - 1,8	1,8 - 2,1	> 2,1	
Fe (μg/g)			< 67	67 - 82	82 - 110	110 - 123	> 123	
Mn (μg/g)	< 22		< 220	220 - 392	392 - 727	727 - 889	> 889	
Cu (μg/g)	< 3	< 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 15	> 15
Zn (μg/g)		< 8	8 - 22	22 - 29	29 - 46	46 - 56	56 - 174	> 174
B (μg/g)	< 13	< 6	6 - 13	13 - 17	17 - 28	28 - 35	35 - 78	> 78

Tab. 2

**Ernährungskundliche Grenzwerte für die Roteiche abgeleitet aus dem Datensatz von VAN DEN BURG;
Fettdruck: Standardfehler <10%; Normaldruck: Standardfehler 10–25%, Kursivdruck: Standardfehler 25–50%.**
Nutritional threshold values for red oak as derived from the dataset of VAN DEN BURG.
Bold type: standard error <10%; normal type: standard error 10–25%; italic type: standard error 25–50%.

Roteiche (<i>Quercus rubra</i>)								
	Mangelbereich deficiency range			Normalbereich normal range			Überschussbereich surplus	
	extrem extreme	Mangel deficiency	latent latent	unterer lower	mittlerer central	oberer upper	Luxus luxury	extrem extreme
N (mg/g)		< 17,4	17,4 - 19,9	19,9 - 21,4	21,4 - 23,9	23,9 - 24,9	24,9 - 28	> 28
P (mg/g)		< 1,1	1,1 - 1,3	1,3 - 1,5	1,5 - 1,9	1,9 - 2,0	> 2,0	
K (mg/g)			< 6,5	6,5 - 7,4	7,4 - 9,1	9,1 - 10	> 10	
Ca (mg/g)			< 6,2	6,2 - 7,4	7,4 - 9,8	9,8 - 11,0	> 11,0	
Mg (mg/g)			< 1,6	1,6 - 2	2 - 2,6	2,6 - 2,9	> 2,9	
S (mg/g)			< 1,4	1,4 - 1,6	1,6 - 2,4	2,4 - 3,1	> 3,1	
Fe (μg/g)			< 69	69 - 78	78 - 107	107 - 127	> 127	
Mn (μg/g)			< 546	546 - 792	792 - 1696	1696 - 2353	> 2353	
Cu (μg/g)			< 6	6 - 7	7 - 10	10 - 11	> 11	
Zn (μg/g)			< 44	44 - 54	54 - 82	82 - 101	> 101	
B (μg/g)			< 28	28 - 39	39 - 60	60 - 69	> 69	

Hauptnährälemente zu findenden Kennwerte der Roteiche stimmen für die Untergrenze des Normalbereichs für P, K, Ca und Mg gut mit den aus VAN DEN BURG (1985, 1990) abgeleiteten Werten überein. Lediglich für N geben KRAUSS und HEINSDORF (2005) einen deutlich niedrigeren Wert an (17,7 mg/g). An der Obergrenze des Normalbereichs liegen die Werte der Tab. 2 stets gering-

fügig bis deutlich über den Vergleichswerten von KRAUSS und HEINSDORF (2005). Dies gilt auch für die Grenze vom latenten zum echten Mangel bei N und P. Vergleicht man für die Makronährälemente die Untergrenze des Normalbereichs mit den entsprechenden Werten der beiden heimischen Eichen (GÖTTLEIN et al., 2011), so reiht sich die Roteiche für N, P und K in der Mitte ein

Tab. 3

**Ernährungskundliche Grenzwerte für die Robinie abgeleitet aus dem Datensatz von VAN DEN BURG;
Fettdruck: Standardfehler <10%; Normaldruck: Standardfehler 10–25%, Kursivdruck: Standardfehler 25–50%.**
Nutritional threshold values for black locust as derived from the dataset of VAN DEN BURG.
Bold type: standard error <10%; normal type: standard error 10–25%; italic type: standard error 25–50%.

Robinie (<i>Robinia pseudoacacia</i>)								
	Mangelbereich deficiency range			Normalbereich normal range			Überschussbereich surplus	
	extrem extreme	Mangel deficiency	latent latent	unterer lower	mittlerer central	oberer upper	Luxus luxury	extrem extreme
N (mg/g)	< 20,5		< 27,9	27,9 - 30,8	30,8 - 35,7	35,7 - 37,8	> 37,8	
P (mg/g)	< 1,15	< 1,2	1,2 - 1,9	1,9 - 2,0	2,0 - 2,5	2,5 - 2,9	> 2,9	
K (mg/g)	< 4,6	< 4	4 - 8,3	8,3 - 10,6	10,6 - 15,1	15,1 - 17,3	> 17,3	
Ca (mg/g)			< 12,6	12,6 - 18,5	18,5 - 28,4	28,4 - 32,3	> 32,3	
Mg (mg/g)	< 1,5		< 1,8	1,8 - 2,2	2,2 - 3,2	3,2 - 3,7	> 3,7	
S (mg/g)			< 1,5	1,5 - 2,1	2,1 - 3,9	3,9 - 5	> 5	
Fe (μg/g)			< 94	94 - 128	128 - 200	200 - 238	> 238	
Mn (μg/g)			< 30	30 - 51	51 - 124	124 - 176	> 176	
Cu (μg/g)			< 5	5 - 8	8 - 18	18 - 26	> 26	
Zn (μg/g)			< 26	26 - 32	32 - 43	43 - 49	> 49	

(TrEi < REi < StEi). Für Ca und Mg liegt der Grenzwert deutlich über den entsprechenden Werten von Traubeneiche und Stieleiche.

3.1.3 Robinie (*Robinia pseudoacacia*)

Von den 133 Datenzeilen zur Robinie stammen 14 von Altbäumen, 38 sind ohne Altersangabe. Von den 81 Datensätzen zu Jungpflanzen wurden 32 aus Topf-, Nährösungs- oder Sandkulturversuchen gewonnen. Trotz intensiver Literaturrecherche konnte kein Vergleichs-Bewertungssystem zur Robinie gefunden werden, so dass die Grenzwerte der Tab. 3 für sich alleine stehen.

Für die Robinie ergaben sich die höchsten N-Werte aller bislang bearbeiteten Haupt- und Nebenbaumarten (GÖTTLEIN et al., 2011; GÖTTLEIN und ZEHLE, 2018). Dabei übertrifft sie als stickstoffbindende Baumart (HANOVER, 1989) sogar die Erle, die ebenfalls aufgrund dieser Eigenschaft hohe N-Grenzwerte aufweist.

3.2 Auswertung aller verfügbaren Bewertungssysteme

3.2.1 Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*)

Für die Douglasie existieren in der Literatur mehrere Bewertungssysteme, die in Abb. 1 zusammenfassend

dargestellt sind. Zusätzlich zu den einzelnen verfügbaren Grenzwerten wurde jeweils auch der Median eingetragen. Dieser kann als „wahrscheinlichster“ Wert angesehen werden, vorausgesetzt alle Bewertungssysteme wurden aus belastbarem Datenmaterial erarbeitet. Insgesamt können die aus VAN DEN BURG (1985, 1990) abgeleiteten Grenzwerte je nach Datenverfügbarkeit mit bis zu sieben anderen Bewertungssystemen verglichen werden. Da verschiedene Bewertungssysteme öfters den gleichen Grenzwert angeben, erreicht die Anzahl der für die Vergleichssysteme stehenden grauen Querstriche in Abb. 1 aufgrund von fehlenden oder zusammenfallenden Werten in keinem Fall die Zahl sieben. Das häufige Zusammenfallen von Grenzwerten deutet darauf hin, dass einige Bewertungssysteme nicht unabhängig von einander entwickelt wurden. Besonders auffällig ist dies bei den Systemen von BONNEAU (1995) und CROISE et al. (1999).

Aus Abb. 1 ergibt sich, dass der Median aller Systeme und die aus VAN DEN BURG (1985, 1990) errechneten Grenzwerte für die Nährelemente P, Ca und Mg sehr nahe beieinander liegen. Bei N und K gilt dies jedoch nur für die Obergrenze des Normalbereichs. Für N liegen die aus VAN DEN BURG (1985, 1990) abgeleiteten Grenzwerte an der Untergrenze des Normalbereichs und an der Symptomgrenze deutlich unterhalb des Medians,

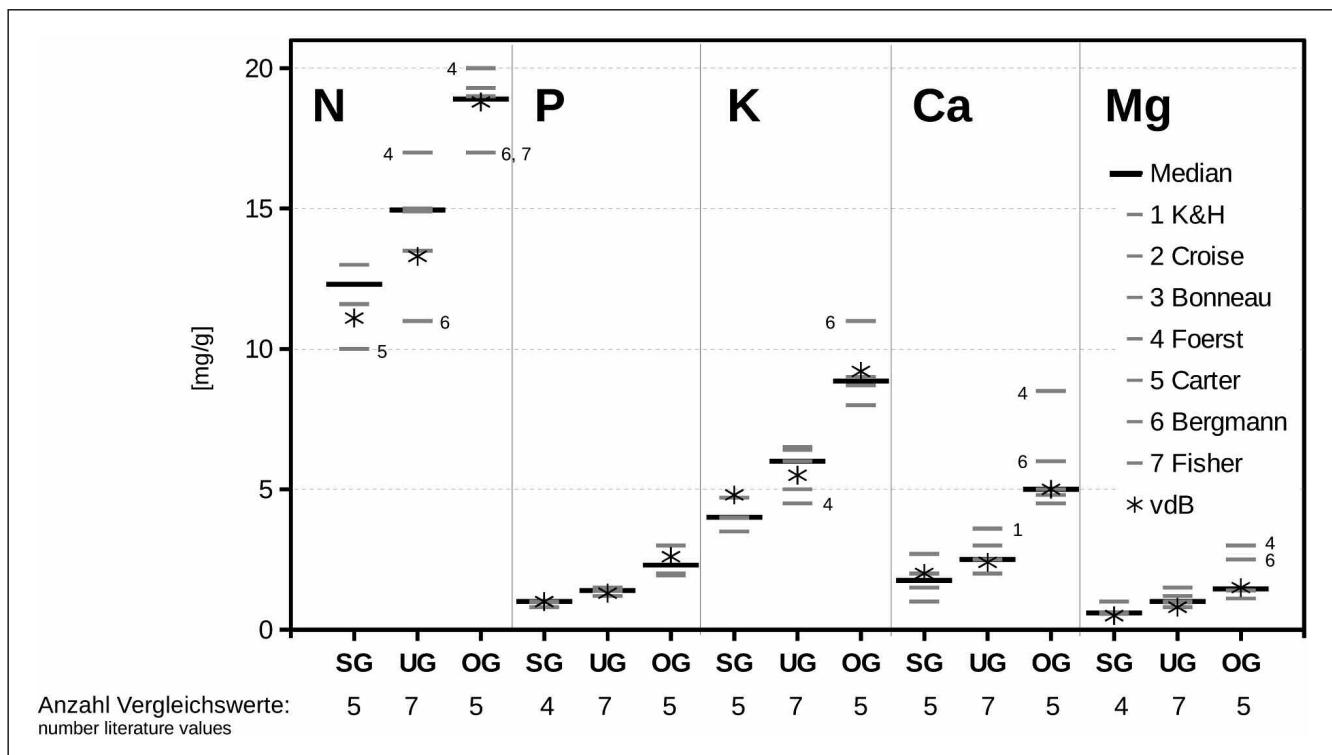


Abb. 1

Darstellung der in der Literatur verfügbaren Grenzwerte für Douglasie mit Eintragung des daraus abgeleiteten Medianwertes; SG = Symptomgrenze, UG, OG = untere bzw. obere Grenze des Bereichs normaler Ernährung; K & H: KRAUSS und HEINSDORF (2005), CROISE et al. (1999), BONNEAU (1995), FOERST (1980), CARTER (1992), BERGMANN (1993), FISHER (1996), vdB: Daten aus Tab. 1; besonders auffällige Literaturwerte sind mit der jeweiligen Nummer gekennzeichnet.

Nutritional threshold values of Douglas fir available from the literature with indication of the median;
 SG = threshold value for deficiency symptoms, UG, OG = lower and upper threshold for the range of normal nutrition;
 K & H: KRAUSS and HEINSDORF (2005), CROISE et al. (1999), BONNEAU (1995), FOERST (1980), CARTER (1992), BERGMANN (1993), FISHER (1996), vdB: data from Tab. 1; particularly striking literature values are marked with the respective number.

Tab. 4

Bereiche ausgewogener Elementverhältnisse als molare Relation bezogen auf 100N bzw. 100K gemäß GÖTTLIN (2016); harmonischer Bereich in Normaldruck, Optimalbereich in Fettdruck; Angabe von maximal 3 signifikanten Stellen.

Ranges of well-balanced nutrient ratios calculated as molar ratios on the basis of 100N or 100K; according to GÖTTLIN (2016) harmonic range normal print, optimal range printed in bold; maximum 3 significant digits.

	P _{per 100N}	K _{per 100N}	Ca _{per 100N}	Mg _{per 100N}	Ca _{per 100K}	Mg _{per 100K}
Douglasie <i>Pseudotsuga menziesii</i>	3,22- 4,57-6,19 -8,75	10,5- 14,8-17,5 -24,8	4,47- 6,34-9,30 -13,2	2,44- 3,46-4,50 -6,39	25,5- 42,7-53,9 -88,9	13,9- 23,3-26,0 -43,0
Roteiche <i>Quercus rubra</i>	2,39- 3,00-3,68 -4,61	9,40- 11,8-14,3 -18,0	8,74- 11,0-15,5 -19,4	3,70- 4,63-6,61 -8,28	61,0- 93,0-108 -165	25,8- 39,3-46,1 -70,3
Robinie <i>Robinia pseudoacacia</i>	2,25- 2,95-3,41 -4,62	7,91- 10,7-16,4 -22,2	11,7- 15,8-29,8 -40,4	2,79- 3,77-5,62 -7,61	71,1- 147-184 -377	17,0- 33,7-35,2 -71,1

für K einmal darunter und einmal darüber. Diese beobachteten Diskrepanzen haben ihre Ursache wahrscheinlich darin, dass in den genannten Fällen in der Zusammenstellung der Literaturwerte jeweils drei Mal die exakt gleichen Werte zu finden sind. D.h. die Literaturwerte sind hier ein verzerrtes Vergleichskollektiv. Auffällig ist, dass die bei FOERST (1980) und BERGMANN (1993) angegebenen Grenzwerte sehr häufig extreme Werte im jeweiligen Datenkollektiv einnehmen, weshalb diese Werte mit Vorsicht zu verwenden sind.

3.3 Nährelementrelationen

Einige Autoren (FLÜCKIGER und BRAUN, 2003; FIEDLER und HÖHNE, 1984) weisen auf die Vorteile der Verwendung von Nährstoffverhältnissen zur Diagnose von Ernährungsstörungen hin, da diese weniger durch Verdünnungseffekte und Alterungsprozesse beeinflusst werden. Die alleinige Interpretation von Nährelementverhältnissen ist jedoch nicht ausreichend, da bei einem ausgewogenen Verhältnis die betrachteten Nährelemente beide im Mangel oder beide im Überschuss vorliegen können. Bei einem nicht ausgewogenen Nährelementverhältnis kann ferner nicht entschieden werden, ob ein Element im Mangel oder das andere im Überschuss für die Disharmonie verantwortlich ist. Wie bei GÖTTLIN (2016) beschrieben wurde für jede Nährelementrelation ein Optimalbereich (aus der Einzelverrechnung der Grenzwerte im Bereich normaler Ernährung) und ein harmonischer Bereich (aus der Überkreuzverrechnung von Ober- und Untergrenze normaler Ernährung) abgeleitet. In Tab. 4 ist der Optimalbereich in Fettdruck und der harmonische Bereich in Normaldruck dargestellt. Da die Berechnung von Verhältnissen numerisch relativ sensibel ist, besonders wenn im Nenner kleine Zahlen stehen, wurden für die Herleitung der Nährelementrelationen nicht die in Tab. 1 bis 3 enthaltenen gerundeten Zahlen verwendet, sondern der dahinter stehende Ursprungsdatensatz.

Nimmt man die Untergrenze des Optimalbereichs aus Tab. 4 als Vergleichsbasis, so fällt der hohe auf N bezogene Ca-Bedarf der Robinie ins Auge. Bei den Hauptbaumarten haben nur die auf basenreiche Standorte angewiesenen Baumarten Bergahorn und Esche einen

höheren Ca-Bedarf (GÖTTLIN, 2016), bei den Nebenbaumarten gibt es ebenfalls nur zwei Baumarten mit höheren Werten, nämlich Silberweide und Feldulme (GÖTTLIN und ZEHLE, 2018). Auffällig ist in diesem Zusammenhang, dass die genannten Haupt- und Nebenbaumarten auch einen vergleichsweise hohen Mg-Bedarf haben, was bei der Robinie nicht gegeben ist. Bezieht man den Ca-Bedarf der Robinie auf das Indexelement Kalium (Ca_{per 100K}), so wird dieser nur von der Esche übertroffen. Beim Bezug von Ca und Mg auf 100K zeigt zudem die Douglasie auffallend niedrige Werte, die bei Ca nur von Kiefer und Schwarzkiefer und bei Mg nur von der Schwarzkiefer unterschritten werden. Beim Bezug auf 100N ist diese Sonderstellung nur für das Element Ca zu beobachten. Wie schon bei den Blattgehalten (Tab. 2) zeigt die Roteiche auch bei den Nährelementrelationen, sowohl bezogen auf 100N als auch auf 100K, einen höheren Ca- und Mg-Bedarf als die beiden heimischen Eichenarten (GÖTTLIN, 2016).

4. ZUSAMMENFASSUNG

Nachdem für die Hauptbaumarten (GÖTTLIN et al., 2011) sowie für die wichtigsten Nebenbaumarten (GÖTTLIN und ZEHLE, 2018) Mitteleuropas aus der umfangreichen Literaturzusammenstellung VAN DEN BURG's (1985, 1990) bereits ernährungskundliche Grenzwerte abgeleitet wurden, stellt die vorliegende Veröffentlichung nun auch für die in Mitteleuropa eingebürgerten Baumarten Douglasie, Roteiche und Robinie entsprechende Werte zur Verfügung. Für diese Baumarten konnten nach dem bei GÖTTLIN et al. (2011) beschriebenen Verfahren die Grenzwerte des Bereichs normaler Ernährung für alle Hauptnährelemente und die wichtigsten Spurenelemente hergeleitet werden. Für Roteiche und Robinie erlaubte es die Datenlage in den meisten Fällen jedoch nicht, die Grenze vom latenten zum echten Mangel zu berechnen. Zur Abschätzung der Qualität der in den Tabellen 1 bis 3 angegebenen Grenzwerte wurden diese anhand ihres relativen Standardfehlers klassifiziert. Für Douglasie existieren in der Literatur bereits mehrere ernährungskundliche Bewertungssysteme, die jedoch teilweise nicht unabhängig voneinander entwickelt wurden. Vergleicht man die aus VAN DEN BURG abgeleiteten Grenz-

werte der Tab. 1 mit dem Median aller Literatursysteme so stellt man, mit Ausnahme der Mängelgrenzen bei N und K, eine sehr gute Übereinstimmung fest (Abb. 1).

Nach GÖTTLIN (2016) lassen sich aus den Grenzwerten der normalen Ernährung auch Bereiche harmonischer Nährelementrelationen sowie ein engerer Bereich optimaler Relationen berechnen. Entsprechende Werte wurden ebenfalls abgeleitet (Tab. 4).

5. SUMMARY

Title of the paper: *New nutritional threshold values for the in central Europe established tree species Douglas Fir, Red Oak and Black Locust – A statistical derivation from VAN DEN BURG's literature compilation.*

For the main tree species (GÖTTLIN et al., 2011) as well as for many less common tree species (GÖTTLIN and ZEHLE, 2018) of Central Europe already nutritional threshold values have been derived on the basis of the extensive literature compilation of VAN DEN BURG (1985, 1990). The present publication provides such values also for the tree species Douglas fir, red oak and black locust, which were introduced in Central Europe in the 18th and 19th century. For these species nutritional threshold values for the range of normal nutrition could be calculated for all main nutrients as well as for the most important trace elements according to the method described by GÖTTLIN et al. (2011). However, for red oak and black locust in most cases the data situation did not allow to calculate the threshold between latent and real deficit. To estimate the quality of the values given in tables 1 to 3 they were classified on the basis of their relative standard error. For Douglas fir, in the literature already several classification systems exist which, however, at least partly, were not developed independently of each other. Comparing the VAN DEN BURG-derived thresholds of the Tab. 1 with the median of all literature systems, with the exception of the lower limits of N and K, there is a very good consistency (Fig. 1).

According to GÖTTLIN (2016) from the thresholds of the range of normal nutrition a range of harmonious nutrient element ratios, as well as a narrower range of optimal ratios can be calculated. These values were also derived and are given in Tab. 4.

6. RÉSUMÉ

Titre de l'article: *Nouvelles valeurs caractéristiques de l'alimentation pour les espèces acclimatées à l'Europe centrale, telles que le Douglas, le Chêne rouge et le Robinier – Une dérivation statistique tirée d'une synthèse bibliographique de VAN DEN BURG.*

Après que des valeurs-limites nutritionnelles pour les principales espèces ligneuses (GÖTTLIN et al., 2011) comme pour les espèces ligneuses d'accompagnement les plus importantes (GÖTTLIN et ZEHLE, 2018) d'Europe centrale aient été dérivées d'une vaste synthèse bibliographique de VAN DEN BURG (1985, 1990), cette présente publication met à disposition, à présent également, les valeurs correspondantes pour les espèces ligneuses acclimatées à l'Europe centrale, telles que le Douglas, le Chêne rouge et le Robinier. D'après la méthode décrite par

GÖTTLIN et al. (2011), les valeurs-limites du domaine de l'alimentation normale ont pu être dérivées pour tous les éléments nutritifs principaux et pour les éléments-traces les plus importants et ce, pour toutes les espèces ligneuses. Pour le Chêne rouge et le Robinier la situation des données n'a toutefois pas permis, dans la plupart des cas, de calculer les limites de carence latente à carence véritable. Pour estimer la qualité des valeurs-limites données dans les Tableaux 1 à 3, celles-ci ont été classées à l'aide de leur erreur standard relative. Pour le Douglas, il existe, dans la littérature, plusieurs systèmes d'évaluation nutritionnels qui ont été toutefois développés en partie non indépendamment les uns des autres. Si on compare les valeurs limites dérivées de van den Burg, du Tableau 1, avec la médiane de tous les systèmes de la littérature, ainsi on établit une très bonne cohérence, avec l'exception des limites de carence pour N et K (Figure 1).

Selon GÖTTLIN (2016), à partir des valeurs-limites de l'alimentation normale, on peut également calculer les domaines des relations harmonieuses des éléments nutritifs tout comme un domaine plus étroit des relations optimales. Les valeurs correspondantes ont été aussi dérivées (Tableau 4).

7. LITERATUR

BERGMANN, W. (1993): Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. 3. Aufl., Gustav Fischer Verlag, Jena. 835 S.

BML (1995): Interne Expertise "Preparation for the 3. Foliar Expert Panel". Bundesministerium für Landwirtschaft und Forsten, Bonn.

BWI (2012): Bundeswaldinventur 2012. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, <https://bwi.info>

BONNEAU, M. (1995): Fertilisation des forêts dans les pays tempérés. ENGREF, Nancy. ISBN 2-85710-041-8.

CARTER, R. (1992): Diagnosis and Interpretation of Forest Stand Nutrient Status. In: CHAPPELL, H. N., WEETMAN, G. F., MILLER R. E. (eds.): Forest Fertilization Sustaining and Improving Nutrition and Growth of Western Forests. (<https://www.for.gov.bc.ca/tash/legsregs/fpc/fpcguide/FERT/app2tab1.htm>; Zugriff am 22.11.17)

CROISE, L., C. CLUZEAU, H. ULRICH, M. LANIER und A. GOMEZ (1999): RENECAFOR – Interprétation des analyses foliaires réalisées dans les 102 peuplements du réseau de 1993 à 1997 et premières évaluations interdisciplinaires. Éditeur: Office National des Forêts, Département Recherche et Développement, Fontainebleau. ISBN 2-84207-189-1.

FIEDLER, H. J. und H. HÖHNE (1984): Das NPK-Verhältnis in Kiefernadeln als arteigene Erscheinung und Mittel zur Ernährungsdiagnose. Beitr. Forstwirtschaft **18**, S. 128–132.

FISHER, J. H. (1996): SAMPA Research Update: Adequate Nutrient Ranges for Scotch Pine, Douglas-fir and Fraser Fir Christmas Trees in Michigan. Michigan Christmas Tree Journal, S. 25–27.

FLÜCKIGER, W. und S. BRAUN (2003): Critical limits for nutrient concentrations and ratios for forest trees – a comment. In: ACHERMANN, B., BOBBINK, R. (Hrsg.): Empirical critical loads for nitrogen. Additional Documents – Working group presentations. Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape, Bern, S. 273–280.

FOERST, K. (1980): Mitteilungen aus der Staatsforstverwaltung Bayerns, Heft 41, Bayerisches Staatsministerium f. Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München.

GÖTTLEIN, A. (2015): Grenzwertbereiche für die ernährungsdiagnostische Einwertung der Hauptbaumarten Fichte, Kiefer, Eiche, Buche. Allg. Forst- u. J.-Ztg. **186**, S. 110–116.

GÖTTLEIN, A. (2016): Ableitung von Nährlementrelationen für die mitteleuropäischen Hauptbaumarten aus dem Wertebereich normaler Ernährung im Vergleich zu verfügbaren Literaturdaten. Allg. Forst- u. J.-Ztg. **187**, S. 237–246.

GÖTTLEIN, A., R. BAIER und K. H. MELLERT (2011): Neue Ernährungskennwerte für die forstlichen Hauptbaumarten in Mitteleuropa – Eine statistische Herleitung aus VAN DEN BURG's Literaturzusammenstellung. Allg. Forst- u. J.-Ztg. **182**, S. 173–186.

GÖTTLEIN, A. und R. ZEHLE (2018): Neue Ernährungskennwerte für forstliche Nebenbaumarten Mitteleuropas – Eine statistische Herleitung aus van den Burg's Literaturzusammenstellung. Allg. Forst- u. J.-Ztg. **189**, S. 116–127.

HANOVER, J. W. (1989): Physiological Genetics of Black locust (*Robinie pseudoacacia* L.): A Model Multipurpose Tree Species. In: Fast Growing Trees and Nitrogen Fixing Trees, International Conference Marburg, 1989, Gustav Fischer Verlag.

KRAUSS, H. H. und D. HEINSDORF (2005): Ernährungsstufen für wichtige Wirtschaftsbaumarten. Beitr. Forstwirtschaft u. Landschaftsökologie **39**, S. 172–179.

LARCHER, W. (1994): Ökophysiologie der Pflanzen. 5. Aufl., Ulmer Verlag Stuttgart.

NFSCO (2017): NFCSO Forestry Directorate Forest Inventory 2010-2014. <http://portal.nebih.gov.hu/documents/531011/531862/2001101001000.pdf> (Zugriff am 20.10.2017).

STINGLWAGNER, G. K. F., I. E. HASEDER und R. ERLBECK (2005): Das Kosmos Wald- und Forstlexikon. 3. Aufl., Kosmos Verlag, Stuttgart.

UNITED NATIONS (2005): Guide to producing statistics on time use: Measuring paid and unpaid work. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, New York. ISBN 92-1-161471-6.

VAN DEN BURG, J. (1985): Foliar analysis for determination of tree nutrient status – A compilation of literature data. Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en landschapsbouw „de Dorschkamp“, Wageningen, Niederlande.

VAN DEN BURG, J. (1990): Foliar analysis for determination of tree nutrient status – A compilation of literature data; 2. Literature 1985-1989. „de Dorschkamp“ Institute for Forestry and Urban Ecology, Wageningen, Niederlande.