

**Der Waldzustand wird falsch bewertet,  
Unseren Buchenwäldern geht es seit Jahren prächtig!**

von  
FRANZ GRUBER

Institut für Forstbotanik/Baumphysiologie der Universität Göttingen  
AG Dendrologie, Baumpflege & Waldbotanik

Inhaltsverzeichnis

- 1. Einleitung**
- 2. Material und Methoden**
- 3. Ergebnisse**
  - 3.1. Datengrundlagen der untersuchten Level II-Standorte**
  - 3.2. Grundlagen und grundlegende Überlegungen zu Vitalitätskriterien bei der Buche**
    - 3.2.1. Wesentliche Elemente der Baumvitalität**
    - 3.2.2. Vitalitätsindizes**
    - 3.2.3. Visuelle Schätzung des Blattverlustes**
  - 3.3. Vergleich von Blattverlust- und Blattmassedynamik**
  - 3.4. Belaubungs-Blattverlustbeziehungen**
    - 3.4.1. Beziehungen zwischen der Blattmasse und dem geschätzten Blattverlust von 8 Level II Buchenflächen in Niedersachsen, Rheinland-Pfalz und Hessen**
      - 3.4.1.1. Einzelflächenbetrachtung**
      - 3.4.1.2. Gruppenweise Betrachtung**
        - 3.4.1.2.1. Altersgruppe 1 (111 – 136 Jahre, n = 39)**
        - 3.4.1.2.2. Altersgruppe 2 (155 – 156 Jahre, n = 24)**
      - 3.4.1.3. Beziehungen zwischen der Blattmasse und dem geschätzten Belaubungsprozent anhand von zwei Beispielen**
    - 3.4.2. Blattmasse (Blattverlust) und Radialzuwachs der Level II Flächen**
    - 3.4.3. „Blattverluste bei älteren (>60 Jahre) und jüngeren Buchen (< 60 Jahre)**
    - 3.4.4. Schwefeleintrag und Blattverlust**
    - 3.4.5. Mittlerer Blattverlust und Längenzuwachs der Buchenwipfel**
    - 3.4.6. Fruktifikation und Blattmasse bzw. „Blattverlust“**
  - 3.5. Der Einfluss der Fruktifikation auf den Baumzustand (Blattmasse, Holzzuwachs)**
  - 3.6. Natürliche Schwankungsbreite der Buchenbelaubung**
  - 3.7. Wertung der Roloff'schen Schad- und Vitalitätsstufen**
  - 3.8. Vorschläge von einfachen Buchen-Kronenvitalitätsindizes  $V_k$  auf Bestandesebene**
    - 3.8.1.  $V_k$  aufgrund von Blatt- und Fruchtmassen.**
    - 3.8.2. Kombiniertes  $V_k$  aufgrund von Blatt- und Fruchtmassen sowie des Radialzuwachses.**
  - 3.9. Die Herleitung der Sprossmassen (Trockengewichte der Sprossachsen mit Knospen)**
- 4. Diskussion**
  - 4.1. Zum Begriff „Blattverlust“**
  - 4.2. Gründe der fehlerhaften Blattverlustschätzung**
  - 4.3. Dynamik und Regenerationsverhalten der Buchenkrone**
  - 4.4. Gesundheitszustand und Vitalität**
- 5. Konsequenzen**
- 6. Zusammenfassung**
- 7. Appell an die Politik**
- 8. Danksagung**
- 9. Literatur**

## 1. Einleitung

Das wesentliche Kriterium beim Waldzustandsbericht (WZB) zur Beurteilung der Vitalität unserer Bäume und Wälder ist der sog. Blattverlust BV. Meldungen wie z. B. „Hälfte des Waldes krank“ (GT, 2003), „Zwei Drittel der Bäume krank“ (HNA 2003, Spiegel 2003) „der Kronenzustand hat sich gegenüber dem Vorjahr leicht verschlechtert bzw. verbessert (WZB 2000 2002)“, „Waldsterben nimmt wieder zu“ (SDZ, 2003), gründen sich ausschließlich auf den ermittelten Schadstufen, welche faktisch den Blattverluststufen entsprechen. Dieser Blattverlust (dieser Begriff wird hier beibehalten, obwohl er nicht wertneutral und von der Wortbedeutung her nicht korrekt verwendet wird), wird an den Level I und Level II Bäumen alljährlich in 5%-Stufen visuell ermittelt, indem der prozentuale Grad der Kronenverlichtung (geschätztes Kronen-Belaubungsprozent  $BL_g\%$ ) im Vergleich mit einem ideal belaubten Referenzbaum ( $BL_{100\%}$ ) geschätzt wird ( $Blattverlust\ BV_g\% = ideale\ Vollbelaubung\ BL_{100\%} - aktuelle\ Belaubung\ BL_g\%$ ). Dieses geschätzte Belaubungsdefizit kann durch eine Vielzahl von Faktoren verursacht werden. Viel diskutiert wurde dabei die Bedeutung anthropogener Einflüsse, wie z. B. „Saurer Regen“, Ozon- oder Schwermetallbelastungen (ULRICH 1994, GODBOLD, 1994). Nach GRUBER (2003, 2004) wird aber z. B. die gesamte Dynamik der Blattmassen und des Blattverlustes bei der Buche (Kronendynamik) hauptsächlich durch den **multiannualen Witterungseinfluss** gesteuert.

Betrachtet man den Blattverlust und die Blattmassen der Buche auf den Level II Flächen in den letzten 10 – 13 Jahren (Tab. 1a, c), fallen große Unterschiede in der Dynamik und der Höhe beider Parameter auf: Der Blattverlust schwankte durchschnittlich nur um 10%, die Blattmassen dagegen um 31%. Beim Radialzuwachs sind große Schwankungen, im Mittel 59%, zu verzeichnen. Auch zwischen jüngeren ( $Bu < 60$  Jahre) und älteren Buchen ( $Bu > 60$  Jahre) werden von den Bundesländern große Unterschiede im Blattverlust mitgeteilt (WZB, 2003). Wegen dieser Unterschiede und auf der Suche nach geeigneten Kriterien zur Vitalitätsbeurteilung eines Baumes oder Bestandes, stellte sich die Frage, ob die visuelle Blattverlustschätzung brauchbare Werte liefert und ob über den Blattverlust allein der Vitalitätszustand der Buche richtig dargestellt wird. Im Folgenden werden dazu Ergebnisse präsentiert und Überlegungen angestellt.

## 2. Material und Methoden

Die Daten der Blattverluste (Schadstufenanteile bzw. Flächenanteile der Buchen über 60 Jahre in den Schadstufen 2-4) sind den Waldzustandsberichten der Länder entnommen (WZB 2000 – 2002/03). Von den Forstlichen Forschungs- und Versuchsanstalten wurden von den Level II-Flächen der Buche in Niedersachsen (Harste 78, Reinhausen 166, Solling B1, Lüss), Hessen (Zierenberg 38A) und Rheinland-Pfalz (Flächen RLP211, RLP212, RLP213) die mittleren Blattverluste und die über Streufänger erhobenen Blattmassendaten bereitgestellt. Von 4 Level-II Flächen wurden mittlere Radialzuwachskurven aus Bohrkernanalysen (1,3 m Stammhöhe) erstellt, wobei pro Standort zwischen 10 und 49 Bohrkernkerne der gekennzeichneten Bäume analysiert wurden (s. Tab. 1f).

Aus der Überlegung heraus, dass der jährlich geschätzte mittlere Blattverlust der Level-II-Bäume (40 – 138 Bäume) mit der dort bzw. unter diesen Bäumen jeweils erhobenen Blattmasse ( $t/ha$ ) eng korrelieren müsste, wurden zwischen dem geschätzten Blattverlust BV und der entsprechenden Blattmasse für jeden Bestand einfache Regressionsanalysen durchgeführt.

## 3. Ergebnisse

### 3.1. Datengrundlagen der untersuchten Level II-Standorte

In den Tabellen 1a – 1j sind die wesentlichen Baumdaten (mittlere Blattverluste  $BV_m$ , Blattmassen BM, Fruchtmassen FM, Cupulaemassen CM, mittlere Radialzuwächse  $RZW_m$ ) aufgeführt, welche in der vorliegenden Arbeit analysiert wurden. Vom Standort Zierenberg

lagen genaue Gewichtsdaten der Blatt-, Frucht- und Cupulaemengen vor. Von den anderen Level II Standorten waren nur die Fruchtmengen vorhanden. Aus den CM/FM-Verhältnissen der Zierenbergdaten wurden die CM-Mengen der anderen Standorte in Bezug auf die vorhandenen Fruchtmengen FM geschätzt. Bemerkenswert erscheint, dass in starken Fruchthjahren die Fruchtmasse (Bucheckern FM + Fruchtbecher CM) über das Doppelte der Blattmasse erreichen kann (s. Tab. 1f).

Tab. 1a: **Mittlerer Blattverlust  $BV_m$  (%)** der Level II Standorte (2003) S = max. Schwankungsbereich % des mittleren Blattverlustes bezogen auf den Höchstwert

Bestand	n	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	1992	1991	1990	Ø	S%
Harste 78	40	27,1	22,1	30	23,7	19,7	21,2	27,9	26,8	18,6	23,7	24,7	24,6	34,1	<b>24,9</b>	15
Reinh 166	50	20	18,9	24,9	22,2	24,2	25,4	26	25,5	23,3	24,5	24,2			<b>23,6</b>	7
Solling B1	50	29,1	27,3	34,9	27,2	27,8	33,3	32,2	34,7	31,2	34,9	33,5	37,9	37,3	<b>32,4</b>	11
Lüss	50	24,6	25,3	30,1	23,4	23,1	28,6	30,1	31,8	27,3	24,1	24,9			<b>26,7</b>	7
Zierenb 38A	41 Kern	36	31,6	32,7	35,4	31,6	34,0	34,2	36,5	33,3	35	29,6	29,3	29,5	<b>32,7</b>	7
Zierenb 38A	138	36,1	30	31,4	30,1	31,4	33	33,3	35,3	31,3	34,4	27,9	26,4	28,4	<b>31,5</b>	10
Rheinl-211	88	22,0	17,6	17,8	16,5	15,9	16,8	18,5	14,8	15,5	12,9	13,6	9,5		<b>16,0</b>	12
Rheinl-212	40	21,5	20	19,2	18,1	17,4	19,2	21,0	18,6	18,9	17,4	15,1	13,1		<b>18,3</b>	9
Rheinl-213	42	25,4	23,7	25,4	22,2	27,3	25	26,2	22,8	21,6	21,4	22,3	18,0		<b>23,4</b>	9

Tab. 1b: **Radialzuwachs RZW (mm)** der Level II Standorte (2003) S = max. Schwankungsbereich % des Radialzuwachses bezogen auf den Höchstwert

Bestand	n	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	1992	1991	1990	Ø	S%
Harste 78	40	2,92	2,71	1,32	2,84	2,09	<b>3,12</b>	1,62	1,55	2,67	3,06	2,19	2,39	2,20	<b>2,31</b>	58
Reinh 166	10		1,48	0,77	<b>1,73</b>	1,36	1,49	0,75	0,88	1,46	1,19	1,02	1,30	1,17	<b>1,22</b>	57
Solling B1	18			0,9	2,0	1,8	2,1	0,9	1,2	<b>2,2</b>	1,7	1,6	1,9	1,7	<b>1,64</b>	59
Zierenb 38A	49	1,45	2,04	0,93	<b>2,50</b>	1,37	2,39	1,30	1,24	2,30	1,77	1,20	2,19	1,68	<b>1,72</b>	63

Tab. 1c: **Blattmassen  $BM_t$  (t/ha Trockengewicht)** der Level II Standorte (2003), S = max. Schwankungsbereich der Blattmassen bezogen auf den Höchstwert

Bestand	Alter	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	1992	1991	1990	Ø	S%
Harste 78	113	3,14	<b>3,94</b>	2,34	3,40	3,04	3,27	2,30	2,87	3,61	2,97				<b>3,07</b>	41
Reinh 166	136	2,94	2,81	3,17	3,02	2,71	3,01	2,88	2,69	<b>3,31</b>	3,0	2,49			<b>2,91</b>	25
Solling B1	154	2,78	<b>3,15</b>	2,50	3,05	2,92	2,83	2,43	2,65	2,15	2,57	2,42	2,53		<b>2,67</b>	32
Lüss	123	2,17	1,87	1,80	2,14	1,58	1,93	1,98	2,40	2,29	2,09				<b>2,03</b>	34
Zierenb 38A	155	2,98	3,73	3,41	3,11	3,34	2,77	3,05	2,66	<b>3,88</b>	2,93	2,88	3,05	2,25	<b>3,08</b>	42
Rheinl-211	82	2,44	2,92	2,50	3,13	2,64	2,92	2,64	<b>3,26</b>						<b>2,81</b>	25
Rheinl-212	111	2,87	3,21	3,85	3,80	3,46	3,49	3,33	3,18	<b>4,10</b>					<b>3,48</b>	30
Rheinl-213	111	3,39	3,41	3,70	3,53	<b>3,74</b>	3,77	3,29	2,94	3,43					<b>3,47</b>	21

Tab. 1d: **Nussfrüchtemassen FM (t/ha Trockengewicht)** der Level II Standorte (2003)

Bestand		2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	1992	1991	1990
Harste 78		1,15	0	0,97	0	0,82	0	0	1,85	0,03	0,02			
Reinh 166		0,25	0,01	0,72	0	0,15	0	0,03	1,51	0,01	0,01	0,51	0,68	
Solling B1		0,70	0,01	1,63	0	0,30	0	0,12	1,31	0,02	0,03	1,46		
Lüss		0,12	0	0,94	0	0,19	0	0	0,95	0	0,23			
Zierenb 38A		1,78	0,04	2,17	0	0,57	0	0,01	1,80	0,09	0,01	1,65	0,03	0,62
Rheinl-21		2,37	0,16	0,46	0,19	0,25	0	0,30	0,78					
Rheinl-212		2,01	0,04	1,48	0,03	0,52	0	0,14	1,13	0,26				
Rheinl-213		2,40	0,19	2,78	0,18	1,82	0	0,22	1,49	0,27				

Tab. 1e: **Cupulaemassen CM (t/ha Trockengewicht)** der Level II Standorte (2003)

Bestand		2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	1992	1991	1990
Harste 78		2,02	0	1,1	0	1,62	0	0	2,05	0	0			
Reinh 166		0,44	0	0,81	0	0,3	0	0	1,68	0	0	0,92	0	
Solling B1		1,23	0	1,84	0	0,59	0	0	1,45	0	0	2,64	0	
Lüss		0,21	0	1,06	0	0,38	0	0	1,05	0	0			
Zierenb 38A		3,13	0,92	2,45	0,15	1,13	0,07	0,67	2,01	0,17	0,32	2,99	0,3	0,86
Rheinl-21		4,17	0	0,52	0	0,5	0	0	0,87					
Rheinl-212		3,54	0	1,67	0	1,03	0	0	1,25	0				
Rheinl-213		4,22	0	3,14	0	3,6	0	0	1,65	0				

Tab. 1f: **BM + FM + CM (t/ha Trockengewicht) der Level II Standorte (2003)**

Bestand	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	1992	1991	1990
Harste 78	6,31	3,94	4,41	3,4	5,48	3,27	2,3	6,77	3,64	2,99			
Reinh 166	3,63	2,82	4,7	3,02	3,16	3,01	2,91	5,88	3,32	3,01	3,92	0,68	
Solling B1	4,71	3,16	5,97	3,05	3,81	2,83	2,55	5,41	2,17	2,6	6,52	2,53	
Lüss	2,5	1,87	3,8	2,14	2,15	1,93	1,98	4,4	2,29	2,32			
Zierenb 38A	7,89	4,69	8,03	3,26	5,04	2,84	3,73	6,47	4,14	3,26	7,52	3,38	3,73
Rheinl-21	8,98	3,08	3,48	3,32	3,39	2,92	2,94	4,91					
Rheinl-212	8,42	3,25	7	3,83	5,01	3,49	3,47	5,56	4,36				
Rheinl-213	10,0	3,6	9,62	3,71	9,16	3,77	3,51	6,08	3,7				

Tab. 1g: **(FM + CM)/BM-verhältnis der Level II Standorte (2003)**

Bestand	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	1992	1991	1990
Harste 78	1,0	0,0	0,9	0,0	0,8	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0			
Reinh 166	0,2	0,0	0,5	0,0	0,2	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,6		
Solling B1	0,7	0,0	1,4	0,0	0,3	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,7		
Lüss	0,2	0,0	1,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,8	0,0	0,1			
Zierenb 38A	1,6	0,3	1,4	0,0	0,5	0,0	0,2	1,4	0,1	0,1	1,6	0,1	0,7
Rheinl-21	2,7	0,1	0,4	0,1	0,3	0,0	0,1	0,5					
Rheinl-212	1,9	0,0	0,8	0,0	0,4	0,0	0,0	0,7	0,1				
Rheinl-213	2,0	0,1	1,6	0,1	1,4	0,0	0,1	1,1	0,1				

Tab. 1h: **Zuwachs/Blattmasse-verhältnis (RZ/BM-Produktivitätsfaktor) der Level II Standorte (2003) bezogen auf den Höchstwert**

Bestand	n	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	1992	1991	1990	Ø	S%
Harste 78	40		0,68	0,56	0,84	0,69	0,95	0,70	0,54	0,74	1,03				<b>0,75</b>	47
Reinh 166	10		0,53	0,24	0,57	0,50	0,50	0,26	0,33	0,44	0,40	0,41			<b>0,42</b>	48
Solling B1	18			0,36	0,66	0,62	0,74	0,37	0,45	1,02	0,66	0,66	0,75		<b>0,63</b>	65
Zierenb 38A	49	0,49	0,55	0,27	0,80	0,41	0,86	0,43	0,47	0,59	0,60	0,42	0,72	0,75	<b>0,57</b>	69

Tab. 1i: **Nussfrüchte-/Blattmasse-verhältnis der Level II Standorte (2003)**

Bestand	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	1992	1991	1990
Harste 78	0,37	0	0,41	0	0,26	0	0	0,64	0	0			
Reinh 166	0,09	0	0,23	0	0,06	0	0	0,56	0	0	0,20		
Solling B1	0,25	0	0,52	0	0,10	0	0,05	0,49	0	0	0,60		
Lüss	0,06	0	0,52	0	0,12	0	0	0,40	0	0,11			
Zierenb 38A	0,60	0,01	0,63	0	0,17	0	0	0,67	0,02	0	0,57	0,01	0,28
Rheinl-211	0,97	0,05	0,18	0,06	0,09	0	0,11	0,24					
Rheinl-212	0,70	0,01	0,38	0,01	0,15	0	0,04	0,36	0,06				
Rheinl-213	0,71	0,06	0,75	0,05	0,49	0	0,07	0,51	0,08				

Tab. 1j: **Kronendaten vom Standort Zierenberg 38A der Level II S (2003)**

Parameter	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	1992	1991	1990
BM	2,98	3,73	3,41	3,11	3,34	2,77	3,05	2,66	3,88	2,93	2,88	3,05	2,25
FM	1,78	0,04	2,17	0	0,57	0	0,01	1,80	0,09	0,01	1,65	0,03	0,62
CM	3,13	0,92	2,45	0,15	1,13	0,07	0,67	2,01	0,17	0,32	2,99	0,30	0,86
FM+CM = eRPM	4,91	0,96	4,62	0,15	1,70	0,07	0,68	3,81	0,26	0,33	4,64	0,33	1,48
BM+FM+CM=eKM	7,89	4,73	8,03	3,26	5,04	2,84	3,73	6,47	4,14	3,26	7,52	3,38	3,73
CM/FM	1,76		1,13		1,98			1,11			1,81		1,39
eRPM/eKM	0,62	0,20	0,57	0,05	0,34	0,02	0,18	0,59	0,06	0,10	0,62	0,10	0,40
BM/eKM	0,38	0,80	0,43	0,95	0,66	0,98	0,82	0,41	0,94	0,90	0,38	0,90	0,60

### 3.2. Grundlagen und grundlegende Überlegungen zu Vitalitätskriterien bei der Buche

Die Beurteilung der Vitalität eines Baumes insgesamt und an einzelnen morphologischen und physiologischen Merkmalen ist äußerst schwierig (GRUBER 1992). Aufgrund der verschiedensten Genotypen, der ständigen ontogenetischen Entwicklungen (Triebarten, Verzweigungsmuster, Blüten und Samen-/Früchteproduktion etc.) und der vielfältigen und wechselnden Umwelteinflüsse, welche zu vielen Modifikations- und Anpassungserscheinungen führen, existiert innerhalb einer Baumart eine schier unüberschaubare phänotypische Vielfalt und Dynamik, wodurch sich eine Zustandserfassung und -einschätzung äußerst anspruchsvoll und schwierig erweist. Die Vitalität nur an einem

einzelnen Bauelement zu bemessen (z. B. Blatt bei den Blattverlustkurven der WZB oder Trieb­längen: ROLOFF 1986), kann zu fatalen Fehlinterpretationen führen und wird der bislang wenig beachteten Forderung des Autors nach einer „ganzheitlichen Betrachtungsweise der ökologischen Gehölmorphologie“ nicht gerecht (GRUBER 1992).

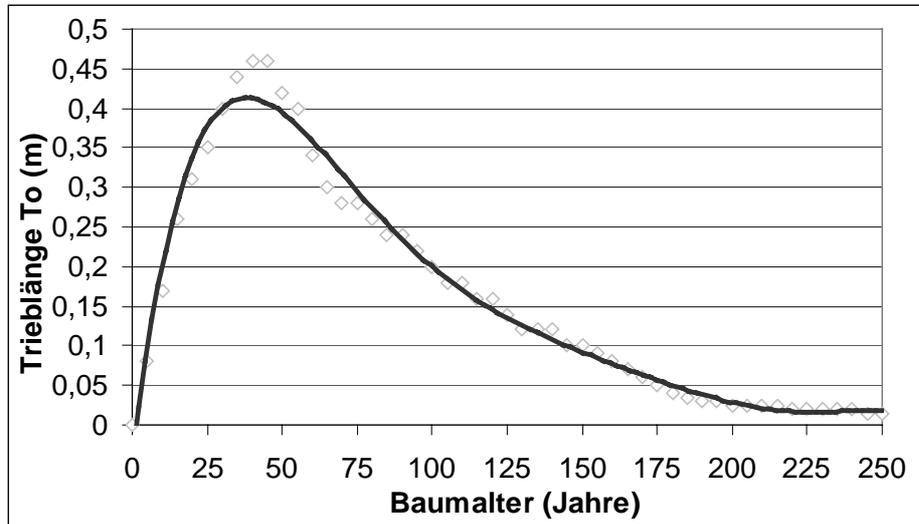


Abb. 1: Veränderung des Bauelements „Trieb­länge“ (jährlicher Höhenzuwachs) eines geschlossenen Buchenbestandes mit dem Baumalter (nach Schober 1975, I. Ertragsklasse)

Da sich jedes Bauelement und der jährliche Biomassezuwachs eines Einzelbaumes auf der jährlichen Zeitskala auch unter konstanten bzw. optimalen Wachstumsbedingungen nach dem Wachstumsmuster der „Großen Periode“ (ontogenetisches Veränderungsgesetz) verändert (s. Abb. 1 am Beispiel der Trieb­länge; gilt auch analog für den Radial-, Volumen-, Blatt-, Feinwurz­elzuwachs etc.) und damit kein fixer Bezugswert existiert, ist die exakte Vitalitätsbemessung an einem absoluten Fixwert (z. B. längster Trieb) eines Bestandeskollektivs (Einzelbaum – Vielzahl von Bäumen) - zumindest über einen längeren Zeitraum - nicht möglich. Hinzu kommt, dass die ontogenetische Veränderungskurve eines Bauelements (baumartenspezifisch und) standortsspezifisch und auch bestandsspezifisch ist, wie sich dies z. B. in den unterschiedlichen Ertragsklassen und Durchforstungsvarianten widerspiegelt (Schober, 1975). Selbst jeder Standort unterliegt zeitlich einer gerichteten Veränderung, da unser gesamtes (biotisch und abiotisch) System dynamisch, d. h. „evolutionär“ ist. Mit besonders großer Variationsbreite kann aber ein Bauelement durch die atmosphärischen Einflüsse, insbesondere durch die Witterung, aber auch andere abiotische (z. B. Stoffeinträge) und biotische Einwirkungen modifiziert werden.

Innerhalb kürzerer Zeitspannen (10 – 20 Jahre) ist es jedoch unter Einbeziehung der Vorgeschichte, der wesentlichen Standortdaten, der bekannten Wachstumsgesetze und der vergleichenden Betrachtung verschiedener Bestände möglich, die Vitalität eines Baumes oder Bestandeskollektivs anhand von morphologischen Bauelementen, insbesondere der Krone und der Leitsysteme, auch absolut abzuschätzen. Dafür eignet sich innerhalb einer genetisch ähnlichen Artpopulation (z. B. kein Zwergwuchs, keine Farbvarianten, keine Anomalien etc.) der **jährliche Zuwachs der Gesamtbiomasse BIOM** (t/ha/a oder g/m<sup>2</sup>/a, Trockenmasse).

Entsprechend seines bipolaren Charakters, morphologischen Bauplans und seiner mehrjährigen Lebensdauer sind dies beim Baum die jährlichen Zuwächse seines primären Spross- S und Wurzelsystems W, sowie seiner sekundären Leitsysteme L und Periderme P (s.

Formel 2, 3). Bauelemente des primären Sprosssystems sind die Sprossachsen mit Knospen (Jahrestriebe) SM, Blätter BM und Reproduktionselemente RM wie Blüten, Blütenstände, Samen, Früchte, Cupulae (RM = Reproduktionselementemasse). Das primäre Wurzelsystem besteht aus den Fein- und Feinstwurzeln (FWM) und ist entsprechend seiner physiologischen Funktion eine ausgesprochene **Wasser-Nährstoff-source**. Die über das Kambium erzeugten sekundären Jahreszuwächse der Leitsysteme sind der Xylemjahresring bzw. die Holzmasse (XM) und der Phloemjahresring bzw. Bastmasse (PHM). Der Peridermzuwachs (PM) erfolgt über das Phellogen in Form von sekundären Oberflächen- oder tertiären Tiefenperidermen. Aufgrund des Harmoniegesetzes der Baumgestalt (Münch, 1938), also dem ausgewogenen Verhältnis zwischen Wurzel-, Leit- und Sprosssystem, kann dann nur bzw. selbst allein an Bauelementen der Krone die Vitalität abgeschätzt werden, sofern keine enormen Verschiebungen im Falle von z. B. starken einseitigen Regenerationen oder Allokationen oder bauminternen Prozessen erfolgen.

Die Krone setzt sich aus verschiedenen Bauelementen wie Meristeme/Knospen, Trieb/Blatt Blüten/Samen/Früchte, Kambium/Holz-/Rindenjahresring), die innerhalb eines Bauelements und zwischen den Bauelementen sympathisieren oder konkurrieren bzw. positive oder negative Abhängigkeiten aufweisen. Ein Maß der physiologischen Vitalität eines Baumes ist seine Baustoffproduktion, also die jährlich zur Verfügung stehende Baustoffmasse BS. Diese verteilt sich auf die einzelnen Bauelemente nach Maßgabe deren jeweiligen Anzahl, Größe und architektonischer Stellung. Meristeme/Knospen und Triebe/Blätter sind z. B. sympathisierende Bauelemente, d. h. je mehr Blätter pro Trieb entwickelt werden, desto mehr Knospen und längere Triebe können sich differenzieren. Hingegen sind Triebe/Blätter und Blüten/Samen/Früchte konkurrierende Bauelemente. Bei gleichem Baustoffangebot vermindert sich z. B. die Blattmasse, wenn die Blüten-/Fruchtmenge steigt.

### 3.2.1. Wesentliche Elemente der Baumvitalität

Für die Einschätzung der Vitalität eines Baumes können bezüglich der Krone folgende morphologischen Merkmale bzw. Elemente der Baumvitalität herangezogen werden:

- a) Die **Belaubung** bzw. **Gesamtblattmasse** eines Baumes spielt für die Beurteilung der Baumvitalität eine Schlüsselrolle (Tab. 1b). Denn sie bestimmt über ihre Blattfläche die Photosynthese- und Transpirationskapazität und steuert im jeweiligen baumspezifischen Angebot von Licht, Wasser, Temperatur und Nährstoffen einerseits und der produzierten Assimilatmenge andererseits das Baumwachstum. Bis zum Abschluss der Entfaltung ist die Blattmasse ein Assimilat/Reservestoff-sink-, danach ein **source-Bauelement**. Der Belaubungszustand (Belaubungsprozent, Blattmasse, „Blattverlust“) eines Baumes wird aber nicht nur im Jahr der Laubentfaltung (T-periode) bestimmt, sondern ist weitestgehend durch das Vorjahr (Knospenbildung, K-periode) und das Vorvorjahr (Primordiumperiode, P-periode) in zweistufiger Präformation vorbestimmt (s. GRUBER, 1992, 1998, 2003). In der P-periode wird die Triebzahl, in der K-periode die Blattzahl pro Trieb und in der T-periode die entgültige Größe der Blattfläche festgelegt. Dabei ist stets zu beachten, dass auch bauminterne, ontogenetische Veränderungen (z. B. Blütenbildungen) die Blattfläche auf natürliche Weise verändern. Dass dabei vor allem die jährlich wechselnden klimatischen und standörtlichen Witterungsverhältnisse (Niederschläge, Strahlung, Temperatur) über die Steuerung der baumphysiologischen Wachstumsprozesse (Photosynthese, Transpiration, Reservestoffbildung etc.) einen sehr großen Einfluss haben (multiannueller Witterungsindex, s. GRUBER 2001 – 2004), ist aufgrund der baumbiologischen Lebensweise und Abhängigkeit davon grundverständlich.
- b) Die **Zuwächse (Längen- und Radialzuwächse, Splintflächen)** sind ebenfalls sehr wichtige Vitalitätsweiser mit ausschließlichem **sink-Charakter**, welche aber wesentlich von der Blattmasse abhängen. In den Tabellen 1c, d sind die Radialzuwächse und Produktivitätsfaktoren von Buchen der Level II Flächen dargestellt.

Bezüglich des Längenzuwachse bei der Buche ist folgender Zusammenhang zwischen Trieblänge und Blattzahl interessant (Abb. 2). Mit zunehmender Trieblänge erhöht sich die Blattzahl, mit abnehmender Trieblänge verringert sie sich. Damit hängt der geschätzte Blattverlust auch wesentlich von der Trieblänge und dem Lang-/Kurztriebverhältnis einer Krone ab. Diese Tatsache hat eine grundlegende Bedeutung bei der Blattverlustschätzung an jungen und alten Bäumen, aber auch bei fruktifizierenden Buchen, weil sich dort das Kurz-/Langtriebverhältnis zu Gunsten des Kurztriebes verschiebt. Bekanntlich nimmt die Trieblänge nach ihrer Kulmination ab. Damit nimmt aber auch die Blattzahl pro Trieb und damit die Schichtdicke des „einschichtigen“ Blätterdaches der Buche ab. Die Krone wird daher mit zunehmenden Alter lichter bzw. „transparenter“ (**Alterstrend der Belaubung und Verzweigung**). Dies wird z. B. bei der „Krallenbildung“ der älteren Buche ganz offensichtlich (ROLOFF, 1986).

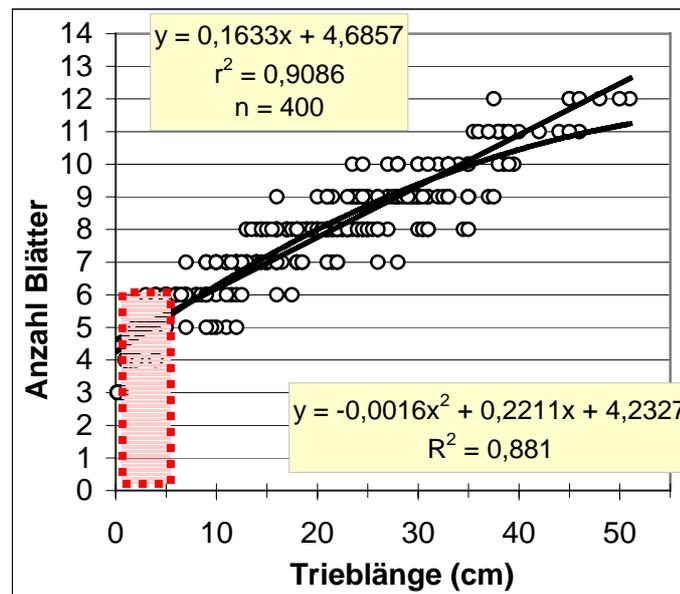


Abb. 2: Zusammenhang zwischen der Wipfeltrieblänge  $T_0$  und der Blattanzahl (Das markierte Feld kennzeichnet den Bereich der Kurz- und Übergangstriebe)

Die Abbildung 2, welche aus der Analyse von 250 einjährigen Wipfeltrieben 75 – 120 jähriger Buchen im Göttinger Wald resultiert, macht deutlich, dass bei konstanter Triebzahl die Blattzahl einer Krone nur durch die Quantität und Qualität der Langtriebe im erheblichen Maß verändert werden kann. Jahre, in denen der Anteil an Langtrieben von gleichaltrigen Buchen gesteigert ist (Langtrieb förderndes Jahr), begünstigen die Belaubung (mindern den „Blattverlust“); Jahre, in denen die Kurztrieb- und Übergangtrieb- bildung gefördert wird, hingegen verschlechtern sie (vergrößern den „Blattverlust“). Bis zu einer Trieblänge von ca. 5 cm bleibt die Blattzahl pro Trieb (im gleichen Jahr) nahezu konstant bei 3-5 Blättern. Mit zunehmender Trieblänge nimmt dann die Blattzahl entsprechend der Funktionen in der Abbildung 2 zu.

Die Vitalität von Bäumen kann über die Blattmassen und Zuwächse jedoch nur solange gut charakterisiert werden, solange der Baum noch nicht die reproduktive Phase erreicht hat. Wenn Bäume nämlich blühen und Samen und Früchte produzieren, kann die Vitalität nicht mehr allein an der Belaubung oder am Zuwachs beurteilt werden, sondern immer nur zusammen mit der Blüte und der Fruktifikation.

- c) Gemäß des morphologischen Bauprinzips sind **Blüten und Blütenstände** (männliche Blüten, weibliche Blütenstände, Zwitterblüten) nur Teile bzw. Umbildungen des

Sprosssystems bzw. der beblätterten Sprossachse zum Zwecke der Reproduktion (GRUBER 1992). Sie sind daher als besondere beblätterte Sprossäquivalente aufzufassen, welche aber nur **sink-Charakter** haben und beim Entwicklungszyklus anstelle von Seitenknospen sylleptisch (also im Vergleich zu entsprechende Seitentrieben vorzeitig) differenzieren. Die männlichen Blüten entstehen anstelle von unterdrückten (verkümmerten) Seitenknospen an der Triebbasis, die weiblichen Blüten- und Fruchtstände beanspruchen die Stellen regulärer Seitenknospen im medialen bis subapikalen Triebbereich. Bereits am Gewichtsvergleich der Blüten bzw. Fruchtstände mit den entsprechenden Knospen lässt sich der enorme Baustoffbedarf bei einer Buchenblüte bzw. –fruktifikation abschätzen (GRUBER 2003b, Verhältnis Fruchtstand/Regulärknospe = 25 : 1). Bei der Buche kommen gemischte Blütenknospen vor, die vorwiegend an Kurztrieben und kurzen Langtrieben stehen und aus denen im Folgejahr der beblätterte Trieb mit mehreren männlichen Blütenkätzchen an der Triebbasis und 1 – 3 weiblichen Blütenständen darüber hervorgeht. In Blütejahren treten bei der Buche vermehrt Kurztriebe auf, so dass es zur Verschiebung des Kurz-/Langtriebverhältnisses, also einer zahlenmäßigen Abnahme der Langtriebe, und damit auch einer Abnahme der Blattzahl kommt. Dies wird aber bereits während der Blütenknospenbildung, also im Vorjahr und Vorvorjahr des Blüte- und Fruktifikationsjahres festgelegt (**zweistufige präformierte Bildungsweise**, s. GRUBER 2003). Außerdem werden bei der Blüten- und Fruchtbildung enorme Baustoffe beansprucht, wodurch die Entwicklung der Langtriebe gehemmt werden kann, indem kürzere Langtriebe mit kleineren Blättern differenziert werden. Parallel dazu nimmt gewöhnlich auch der Zuwachs im laufenden Jahr ab (Konkurrenzregel, GRUBER 2003). Ein erfolgreiches Blüte- und Fruktifikationsjahr (Mastjahr) kann nur dann eintreten, wenn im Vorjahr ein weit überdurchschnittlicher Vorrat an Reservestoffen angelegt worden ist. Unter etwa gleichbleibenden Wachstumsbedingungen (gleiches Baustoffangebot) ist es daher nur selbstverständlich, dass sich bei Blütenbildungen und Fruktifikationen der Buche Verschiebungen zu Lasten der Sprossachsen (Länge, Dicke) und der Blätter (Anzahl, Größe) einstellen werden. Deshalb muss die Blüten- und Fruchtbildung, die ja bei starker **Fruktifikation** die Belaubung zwangsläufig negativ beeinflusst (konkurrierende Bauelemente), in die Beurteilung bei der Blattverlustschätzung mit einbezogen werden, indem die Blattverlustkurve durch die der **Fruktifikationsstärke entsprechenden Blattäquivalente** korrigiert wird. Denn jede starke Blüte und Fruktifikation als besonderes „Substitut“ des beblätterten Sprosses beschreibt auch immer eine hohe Vitalität, selbst wenn dadurch der „Blattverlust“ erhöht und die Belaubung und der Zuwachs (Längen- und Radialzuwachs) vermindert werden (GRUBER 1992, 2003). Die Fruktifikation wird zwar in den WZB erwähnt, zahlenmäßig schlägt sie sich dort aber in einem erhöhten Blattverlustprozent und somit in der Schadstufe nieder, was fehlerhaft ist und wegen falscher Vitalitätsinterpretationen zu fehlerhaften Vitalitätsdarstellungen und –berichten führt (s. z. B. WZB 200. Kap. 4).

### 3.2.2. Vitalitätsindizes

Aufgrund seiner ontogenetisch bedingten permanenten Veränderungen (Wachstum, Zuwächse, Verluste, Regeneration, Degeneration) gibt es am freistehenden Einzelbaum bzw. Einzelbaum im Bestand kein absolutes Maß der Vitalität (s. GRUBER 1992). Aus diesem Grund kann die Vitalität nur relativ bewertet werden, was nach dem Optimal-Real Vergleichsprinzip (Ideal-Real-Phänotypus, GRUBER 1992) möglich ist. Dies setzt aber zumindest die genaue Kenntnis der morphologischen Ausprägungen in den verschiedensten ontogenetischen Stadien einer Baumart einerseits unter optimalen (idealen) Wachstumsbedingungen und andererseits unter verschiedensten Umwelteinflüssen voraus. Diese vom Autor stets gestellte Forderung (GRUBER 1992) wurde bislang zu wenig beachtet, ist aber für ein effizientes

Umweltmonitoring der Schlüssel zum Erfolg. Über kürzere Zeitreihen, in denen sich jedoch die Bauelemente trendmäßig nur wenig verändern, kann jedoch die Vitalität auch absolut (unter Einbeziehung der bislang bekannten Wachstumsgesetze), zwar nicht genauestens bemessen, jedoch gut abgeschätzt werden.

Ein sehr guter Vitalitätsweiser  $V_{i_x}$  (**Vitalitätsindex**) eines Baumes oder Bestandes ist daher im **jährlichen Neuzugang an Gesamtbiomasse (BIOM)<sub>x</sub>** zu suchen. Aus pflanzenphysiologischer Sicht kann der  $V_{i_x}$  auch als das Integral des durch die Assimilatproduktion aufgebauten Biomassezuwachses (Trockengewicht) während der Vegetationsperiode  $x$  definiert werden (auf die relative Formulierung wird hier verzichtet):

$$1) \text{ absolut } V_{i_x} = \int (\text{BIOM}_{\text{gesamt}})_x = \int (\text{S} + \text{L} + \text{P} + \text{W})_x$$

$$2) (\text{BIOM}_{\text{gesamt}})_x = [\text{BM} + (\text{SM} + \text{KM} + \text{RM}) + (\text{XM} + \text{PHM} + \text{PM}) + \text{FWM}]_x$$

S = Spross, L = Leitsysteme (Xylem + Phloem), P = Periderm, W = Wurzel:

BM = Blattmasse, SM = Sprossachsenmasse, KM = Knospenmasse, RM = Reproduktionselementmasse, XM = Xylemmassee, PHM = Phloemmassee, PM = Peridermmassee, FWM = Feinwurzelmassee;

Anhand der BIOM-Symmetriergleichung (2) wird die Problematik der Vitalitätseinschätzung bei Verwendung nur eines Parameters, z. B. Blattmasse (Blattverlust) deutlich. Sofern keine strenge gleichgerichtete Linearität zwischen den einzelnen Parametern gegeben ist, ist es bei gleichbleibendem BIOM-wert möglich, dass die BM abnimmt, wenn die RM zunimmt. Auch wird die Sprosslänge abnehmen, wenn die RM steigt. Die Vitalität des Baumes muss aber dadurch keinesfalls gemindert werden.

Außerdem ist zu bedenken, dass die BIOM entscheidend von der Witterung (multiannueller Witterungsindex) und vom Nährstoffangebot des Bodens bestimmt wird (vergl. GRUBER 2003a).

Der  $V_i$  eignet sich besonders gut für geschlossene Bestände, da diese ab einem bestimmten Alter einen ziemlich konstanten LAI bzw. Blattmasse aufweisen.

Für den oberirdischen Teil eines Baumes oder Bestandes kann der  $V_i$  unter Berücksichtigung der Ontogenese vereinfacht mit der Erhebung der wichtigsten jährlichen Zuwächse, wie Radialzuwachs RZ, Längenzuwachs LZ (Sprosslänge), neue Blatt- (und Gesamtblattmasse) BM und Reproduktionsmassee RM (männliche und weibliche Blüten-/Samen/Zapfen-Früchte) zu finden sein und z. B. als Produkt dargestellt werden:

$$3a) \text{ absolut } eV_{i_x} = (e\text{BIOM}_{\text{oberirdisch}})_x = [(\text{BM} + \text{RM}) * \text{RZ} * \text{LZ}]_x$$

$$3b) \text{ relativ } eV_{i_x} = (e\text{BIOM}_{\text{oberirdisch}})_x / (e\text{BIOM}_{\text{oberirdisch}})_{\text{max}}$$

Bei der Buche wird bei der WZE die RM hauptsächlich am Fruchtbehang (Cupulae/Fruchtbecher CM mit je 2 Nussfrüchten/Bucheckern FM) geschätzt, die männlichen Blüten bleiben z. B. vollkommen unberücksichtigt.

Hervorzuheben bleibt, dass grundsätzlich über die jährlich erhobenen Blatt- und Streumassen (t/ha) die „Bestandsvitalität“ gut charakterisiert werden kann (vergl. Tab. 1a – j). Auf den Level-II-Flächen wird diese sehr wertvolle Methode praktiziert, welche alljährlich wichtige

Streufalldaten liefert. Wesentlich hierbei ist, dass der Streufang mindestens bestandesrepräsentativ erhoben wird.

### 3.2.3. Visuelle Schätzung des Blattverlustes

Bei der sog. visuellen einzelbaumweisen Blattverlustschätzung der Level II-Flächen und der WZE wird der prozentuale Verlichtungsgrad der Oberkrone (vorwiegend Lichtkrone) jedes L-II-baumes einmal im Jahr zwischen Juli und August geschätzt. Praktisch wird im jeweiligen relativen Vergleich zwischen einer ideal belaubten Oberkrone (BL100%, standortspezifischer ideeller Referenzbaum) und dem aktuell geschätzten Belaubungsprozent (BLg%) eines Baumes der Blattverlust BV% als Differenz daraus berechnet:

$$4) \text{ BL100\%} - \text{BLg\%} = \text{BVg\%}.$$

Dabei spielt die Kronentransparenz des Sichtbereichs, also die Menge des durchfallenden Lichtes (Strahlung) eines fixierten Kronenausschnitts (Kronentransparenzprinzip) eine wesentliche Rolle, was aber vom Auge des jeweiligen Taxators individuell geschätzt wird.

Der mittlere Blattverlust des Bestandeskollektivs ( $\text{BV}_m\%$ ) aus den 40 – 138 erfassten Bäumen jeder Level-II-Buchenfläche sollte mit der unter diesen Bäumen aufgefangenen Jahresblattmasse  $\text{BM}_t$  eng korreliert sein. Auch wenn bei der Blattverlustschätzung nicht die gesamte Krone angesprochen wird und das Baumkollektiv nicht 100%ig den Bestand repräsentiert (Kraft'sche Klassen 1-3), müsste trotzdem ein enger Zusammenhang zwischen dem geschätzten  $\text{BV}_g\%$  und der  $\text{BM}_t$  hergestellt werden können.

Für jeden der hier aufgeführten Bestände kann aufgrund der vorhandenen Blattmassedaten die Beziehung zwischen Blattmasse und Blattverlust in einem realitätsnahen Idealmodell dargestellt werden, indem man die Ideal-Bestandesblattmasse ( $\text{BM}_{\max}$ ) beim höchst gemessenen Blattmassewert des Bestandes  $\text{BM}_t$  (oder einige Prozente oberhalb) ansetzt (Eine andere Möglichkeit wäre, den Blattmassemittelwert um mindestens den Prozentsatz des durchschnittlichen BV des Bestandes zu vermehren, um etwa zur Idealbelaubung zu gelangen). Zwischen der tatsächlichen Bestandesblattmasse  $\text{BM}_t$  und dem tatsächlichen Bestandes-Blattverlust  $\text{BV}_t$  besteht dann die einfache negative lineare Beziehung, welche folgender Funktion folgt:

$$5) \text{ BV}_t(\%) = 100 - 100 \cdot \text{BM}_t / \text{BM}_{\max}$$

Geschätzter mittlerer Blattverlust ( $\text{BV}_m\%$ ) und tatsächlichen Bestandes-Blattverlust  $\text{BV}_t(\%)$  sollten im Wert nahe beieinander liegen, sofern kein merklicher vorzeitiger Blattfall (Blattfall vor der Kronenansprache) im Vergleichszeitraum aufgetreten ist (vorzeitiger Blattfall hatte sich hier nicht ereignet) Zu große Differenzen können dann nicht mehr durch die Nichtberücksichtigung der „Nicht-Oberkronen“ („Schattenkronen“) erklärt werden, sofern der Bestand nicht aus einem größeren Anteil von „Wasserreiserbäumen“ (Buchen mit beachtlichen Sekundärkronen, s. GRUBER 1992) aufgebaut ist.

In den folgenden Abbildungen b ist jeweils der Zusammenhang zwischen dem Blattverlust  $\text{BV}_t(\%)$  und der Blattmasse  $\text{BM}_t$  bei einer realistischen Idealbelaubung  $\text{BM}_i$  kalkuliert. In den entsprechenden Abbildungen a ist der tatsächliche Zusammenhang zwischen tatsächlich geschätztem Blattverlust und der erhobenen Blattmasse der Level II Standorte gegeben.

### 3.3. Vergleich von Blattverlust- und Blattmassedynamik

Betrachtet man die Dynamik des Blattverlustes der einzelnen Flächen in den letzten 13 Jahren (1991 – 2002), fällt auf (s. Tab. 1a, c), dass der  $\text{BV}_g\%$  innerhalb einer Fläche nur um durchschnittlich 10% (max. 15%) schwankte. Die Blattmassen der gleichen Flächen hingegen

schwankten im gleichen Zeitraum um durchschnittlich 31% (max. 42%), was überraschte. Eigentlich sollte eine größere Dynamik beim Blattverlust zu erwarten sein, da ja der Blattverlust nicht am Zustand der Gesamtkrone, sondern nur der (Oberkronen) Lichtkrone beurteilt wird. Diese ist aber aufgrund ihrer gewöhnlich exponierten Stellung einer viel stärkeren Belastung der Umwelt ausgesetzt und damit einer größeren Dynamik unterworfen als die Schattenkrone. Aus diesem Grund, da sie stärker und sensibler auf die Umwelt reagiert, ist ja die Lichtkrone für das Biomonitoring als besser geeignet als die Schattenkrone in das Level II-Programm aufgenommen worden. Eine z.B. 40%ige Schwankung der Bestandesblattmasse müsste demnach eine mindestens 40%ige Schwankung des Blattverlustes (der Lichtkrone) bedeuten. Dieser oben vorgefundene Widerspruch soll im folgenden näher untersucht werden.

### 3.4. Belaubungs-Blattverlustbeziehungen

#### 3.4.1. Beziehungen zwischen der Blattmasse und dem geschätzten Blattverlust von 8 Level II Buchenflächen in Niedersachsen, Rheinland-Pfalz und Hessen

##### 3.4.1.1. Einzelflächenbetrachtung

Für den Standort Harste 78 ist diese Beziehung Blattmasse BM und geschätzter Blattverlust  $BV_g$  im Untersuchungszeitraum 1993 – 2001 (Datenverfügbarkeit) in der Abbildung 3a dargestellt. Trotz dieser engen negativen Beziehung (**Beziehungstyp 1**) werden aber die jährlichen Blattverluste und –unterschiede teilweise fehlerhaft eingeschätzt. Denn nach der Beziehung in der Abbildung 3a bewirkt ein 10%iger Blattverlust von 30% auf 20% einen 50%igen Anstieg der Blattmasse von 1,9 t/ha auf 3,8 t/ha. Ein Blattverlust von 0% (volle Belaubung) entspräche danach eine Bestandesblattmasse von 7,53 t/ha, und eine Blattmasse von 0 t/ha einen Blattverlust von nur 40%.

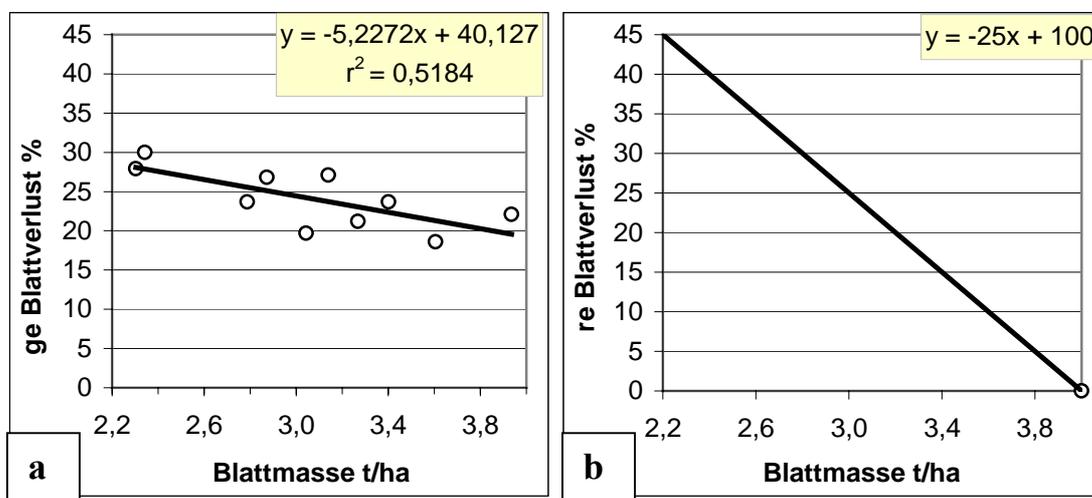


Abb. 3: Beziehung zwischen der Blattmasse und dem Blattverlust zwischen 1992 und 2002 des **113jährigen** Bestandes **Harste 78**. a) geschätzter Blattverlust, b) realistischer Blattverlust bei 4,0 t/ha unterstellter Vollbelaubung des Bestandes

Unterstellt man eine Bestandesblattmasse von 4 t/ha bei voller idealer Belaubung des Bestandes Harste 78 (0 % Blattverlust), so gilt die lineare Beziehung in der Abbildung 3b. Der Vergleich mit der Abbildung 3a zeigt offensichtlich, dass die tatsächlich geschätzten Blattverluste bei guter Vitalität (hohe Blattmassen) zu hoch angesetzt und bei schlechterer Vitalität (niedriger Blattmassen) zu niedrig eingestuft werden.

Ähnliche Verhältnisse (Beziehungstyp 1) sind bei den Standorten Solling B1 und Rheinland-Pfalz 211 und Rheinland-Pfalz 212 (s. Abb. 4, 5, 6) gegeben.

Beim Bestand Solling B1 würde nach der Abbildung 4a eine nur ca. 8%ige Minderung des Blattverlustes von 37% auf 29% eine 33%ige Steigerung der Blattmasse von 2,1 t/ha auf 3,15 t/ha bedeuten. Es scheint, als wären hier die Blattverluste um 20 – 25% zu hoch angesetzt worden (s. Abb. 4b).

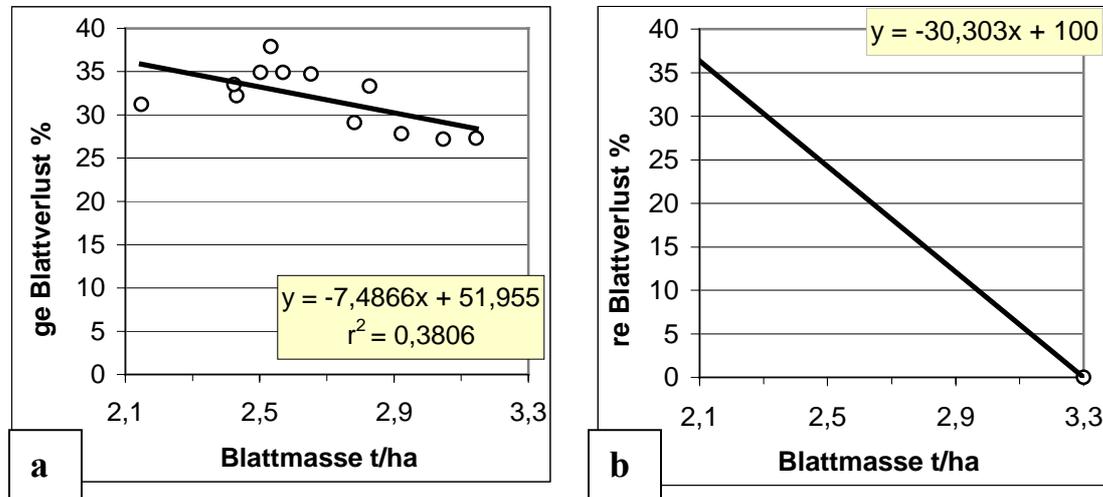


Abb. 4: Beziehung zwischen der Blattmasse und dem Blattverlust zwischen 1991 und 2002 des **154jährigen** Bestandes **Solling B1** a) geschätzter Blattverlust, b) realistischer Blattverlust bei 3,3 t/ha unterstellter Vollbelaubung des Bestandes

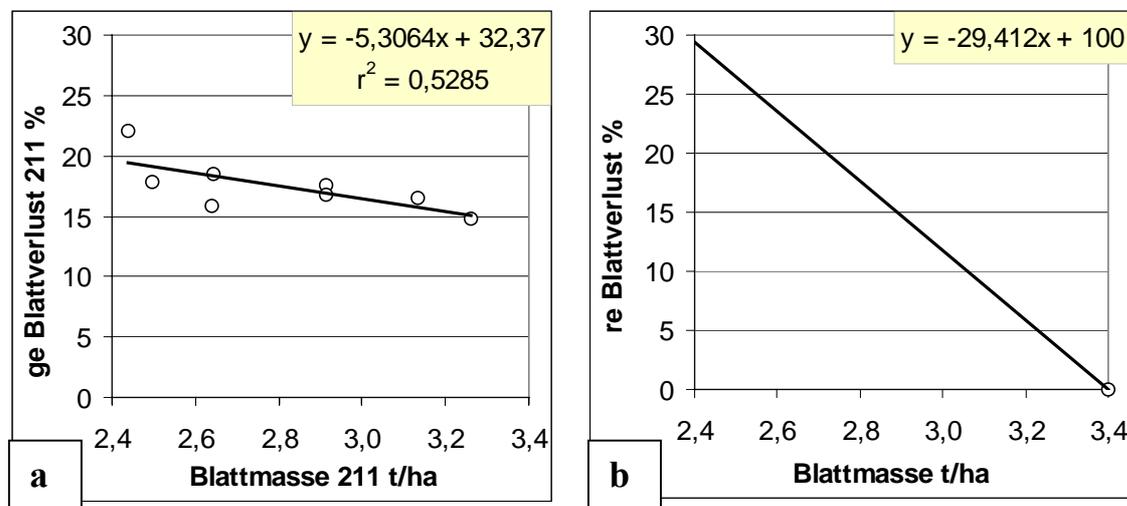


Abb. 5: Beziehung zwischen der Blattmasse und dem Blattverlust zwischen 1995 und 2002 des **82jährigen** Bestandes **Rheinland Pfalz 211** a) geschätzter Blattverlust, b) realistischer Blattverlust bei 3,4 t/ha unterstellter Vollbelaubung des Bestandes

Der Buchenbestand RLP 211 müsste bei einer Bestandesblattmasse von 3,4 t/ha (unterstellte Vollbelaubung) bzw. 2,4 t/ha (70% Belaubung) zwischen 0% und 30% Blattverlust aufweisen (Abb. 5b). Tatsächlich werden aber nur zwischen 14 % und 20 % (6 %) Blattverlust geschätzt (Abb. 5a). Auch hier ist eine mindestens 10%ige Unter- und Überschätzung des Blattverlustes anzunehmen.

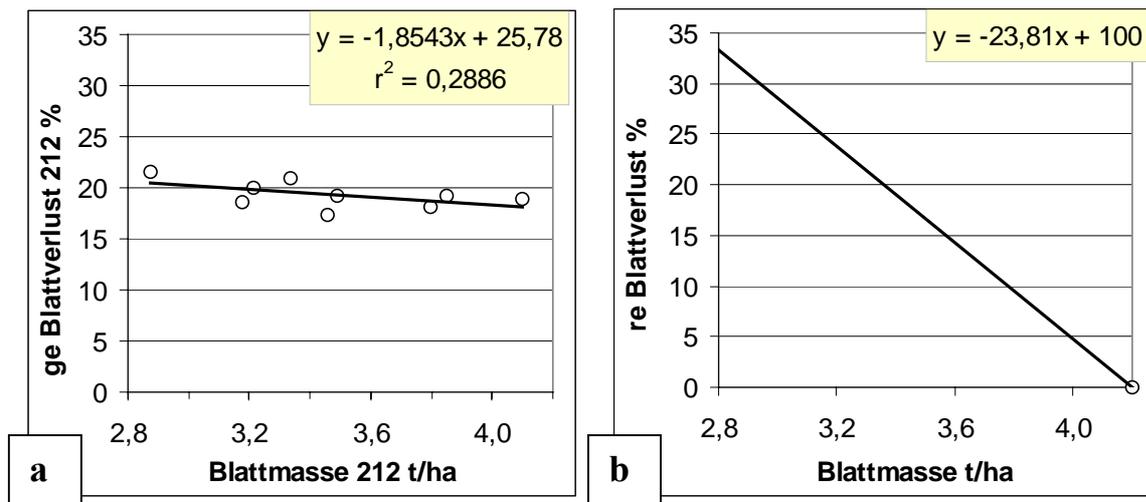


Abb. 6: Beziehung zwischen der Blattmasse und dem Blattverlust zwischen 1994 und 2002 des **111jährigen** Bestandes **Rheinland Pfalz 212** a) geschätzter Blattverlust, b) realistischer Blattverlust bei 4,2 t/ha unterstellter Vollbelaubung des Bestandes

Der Buchenbestand RLP 212 müsste bei einer Bestandesblattmasse zwischen 4,2 t/ha (unterstellte Vollbelaubung) und 2,8 t/ha (66% Belaubung) 0% und 34% Blattverlust aufweisen (Abb. 6b). Tatsächlich werden aber nur zwischen 17,4% und 20,8% (3,4%) Blattverlust geschätzt (Abb. 6a). Auch hier ist eine ca. 15%ige Unter- und Überschätzung festzustellen.

Beim Bestand Reinhausen 166 konnte keine Beziehung (neutraler **Beziehungstyp 2**) zwischen der erhobenen Bestandesblattmasse und dem geschätzten Blattverlust hergestellt werden (Abb. 7). Obwohl im Zeitraum 1992 – 2002 die Bestandesmasse zwischen 2,4t/ha und 3,3 t/ha (ca. 30% Schwankung) lag, variierte der Blattverlust nur um max. 6% zwischen 19% und 25%. Hier liegt offensichtlich eine Überschätzung des Blattverlustes von 15 – 20 % vor. Ähnliche Verhältnisse waren auch beim Bestand Zierenberg 38A gegeben (Abb. 8).

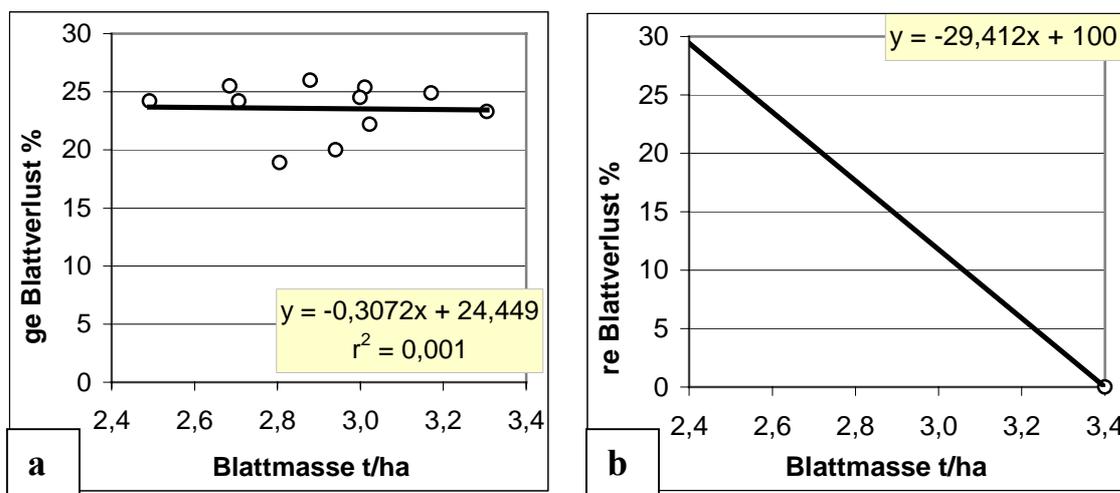


Abb. 7: Beziehung zwischen der Blattmasse und dem Blattverlust zwischen 1992 und 2002 des **136jährigen** Bestandes **Reinhausen 166**. a) geschätzter Blattverlust, b) realistischer Blattverlust bei 3,4 t/ha unterstellter Vollbelaubung des Bestandes

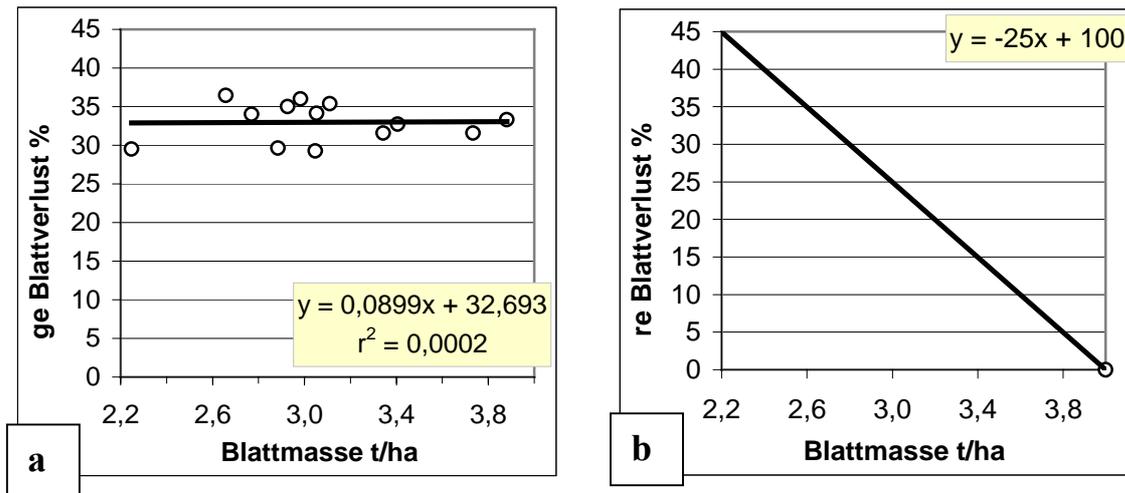


Abb. 8: Beziehung zwischen der Blattmasse und dem Blattverlust zwischen 1990 und 2001 des **155jährigen** Bestandes **Zierenberg 38A** a) geschätzter Blattverlust, b) realistischer Blattverlust bei 4,0 t/ha unterstellter Vollbelaubung des Bestandes

Auch beim Standort Zierenberg ergibt sich kein Zusammenhang zwischen der Blattmasse und dem Blattverlust. Im Zeitraum 1990 - 2001 lag die Blattmasse zwischen 2,2 t/ha und 3,9t/ha (44%), der geschätzte Blattverlust bewegte sich aber nur zwischen 29% und 36 % (7%). Hier ist eine leichte Unterschätzung, aber große Überschätzung des Blattverlustes zu verzeichnen.

Bei den Beständen Lüss und RLP 213 konnten sogar positive Beziehungen (**Beziehungstyp 3**) zwischen der Blattmasse und dem geschätzten Blattverlust festgestellt werden (Abb. 9, 10). Danach erhöht sich der Blattverlust mit zunehmender Blattmasse, was widersprüchlich ist. Offensichtlich liegt hier eine 10%ige Unterschätzung und über 20%ige Überschätzung des Blattverlustes vor.

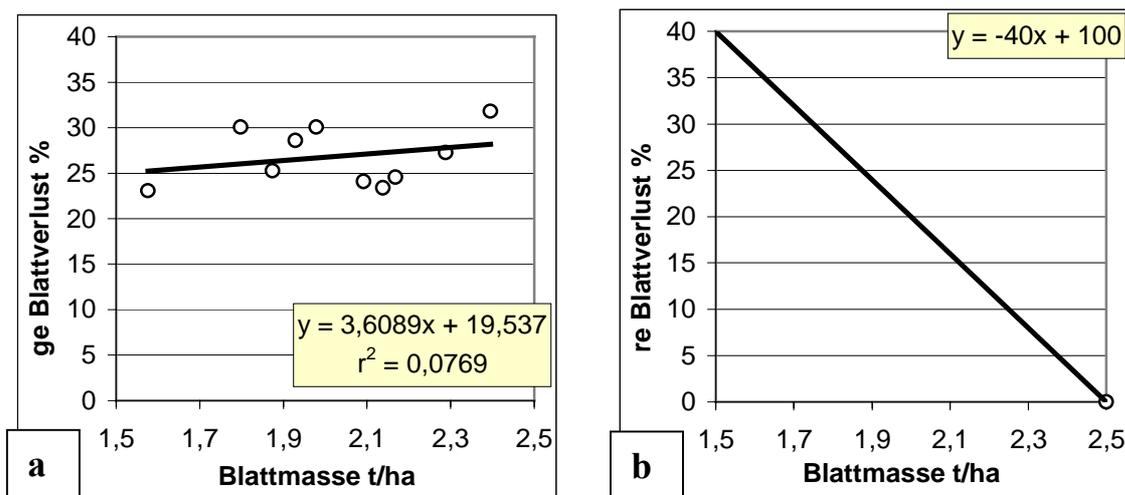


Abb. 9: Beziehung zwischen der Blattmasse und dem Blattverlust zwischen 1993 und 2002 des **123jährigen** Bestandes **Lüss** a) geschätzter Blattverlust, b) realistischer Blattverlust bei 2,5 t/ha unterstellter Vollbelaubung des Bestandes

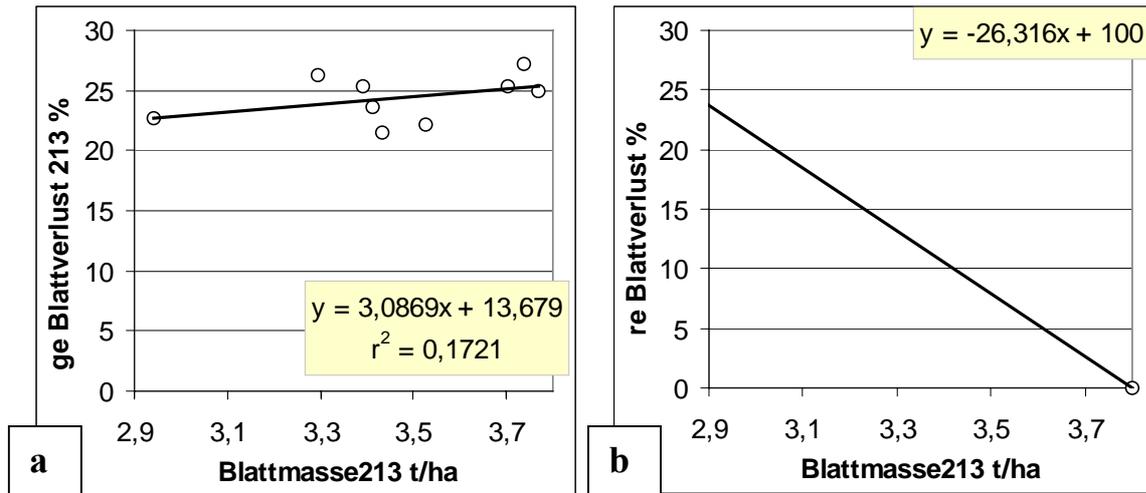


Abb. 10: Beziehung zwischen der Blattmasse und dem Blattverlust zwischen 1994 und 2002 des **111jährigen Bestandes Rheinland Pfalz 213** a) geschätzter Blattverlust, b) realistischer Blattverlust bei 4 t/ha unterstellter Vollbelaubung des Bestandes

### 3.4.1.2. Gruppenweise Betrachtung

Fasst man die Flächen zusammen, die sowohl bei der Blattmasse als auch beim Blattverlust und vom Alter her ähnliche Werte aufweisen, können allgemeinere Aussagen bezüglich der Blattverlustschätzung und des Baumalters gemacht werden. Es werden folgende Altersgruppen unterschieden

Altersgruppe 1: (111 – 136 Jahre): Harste 78, Reinhausen 166, Rheinland 212, Rheinland 213, Altersgruppe 2: (155 Jahre): Solling B1, Zierenberg 38A

#### 3.4.1.2.1. Altersgruppe 1 (111 – 136 Jahre, n = 39)

Bei der Altersgruppe 1 besteht eine negative Korrelation zwischen der Blattmasse und dem Blattverlust. Aus der Regressionsgeraden a lässt sich ablesen, dass eine 45% Blattmassenerhöhung von 2,2 t/ha auf 4,0 t/ha nur eine 5% Verringerung des Blattverlustes von 25% auf 20% bewirken würde. Die Abbildung 11a verdeutlicht den sehr kleinen Geltungsbereich (rotes Feld) der Schätzfunktion aus Abb. 11a. Das blaue Feld beschreibt die zu niedrig geschätzten (Unterschätzung), das grüne Feld die zu hoch geschätzten Blattverluste (Überschätzung). Die Graphik zeigt auch, dass bei mittel alten Buchenbeständen offensichtlich die Unterschätzung des Blattverlustes stärker wiegt, als die Überschätzung.

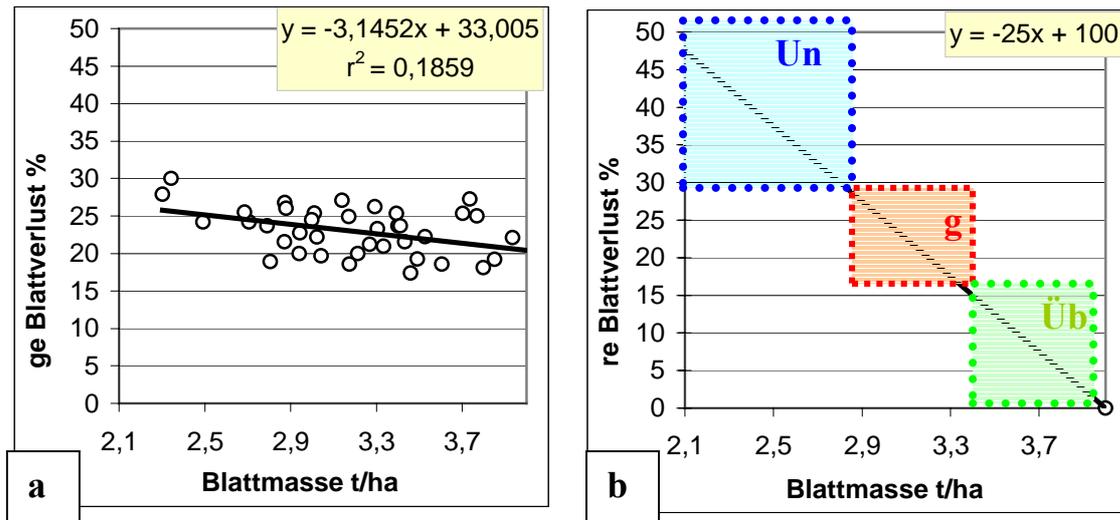


Abb. 11: Beziehung zwischen der Blattmasse und dem Blattverlust der Altersgruppe 1 (n = 39). a) geschätzter Blattverlust, b) realistischer Blattverlust bei 4,0 t/ha unterstellter Vollbelaubung des Bestandes: Un = unterschätzter, Üb = überschätzter Bereich, g = geschätzter Bereich

### 3.4.1.2.2. Altersgruppe 2 (155 – 156 Jahre, n = 24)

Bei der Altersgruppe 2 besteht eine „neutrale“ (sehr schwach negative) Korrelation zwischen der Blattmasse und dem Blattverlust. Aus der Regressionsgeraden a lässt sich ablesen, dass eine 47 % Blattmassenerhöhung von 2,1 t/ha auf 4,0 t/ha keine Verringerung des Blattverlustes bewirken würde, sondern der Blattverlust nahe bei 32 % läge.

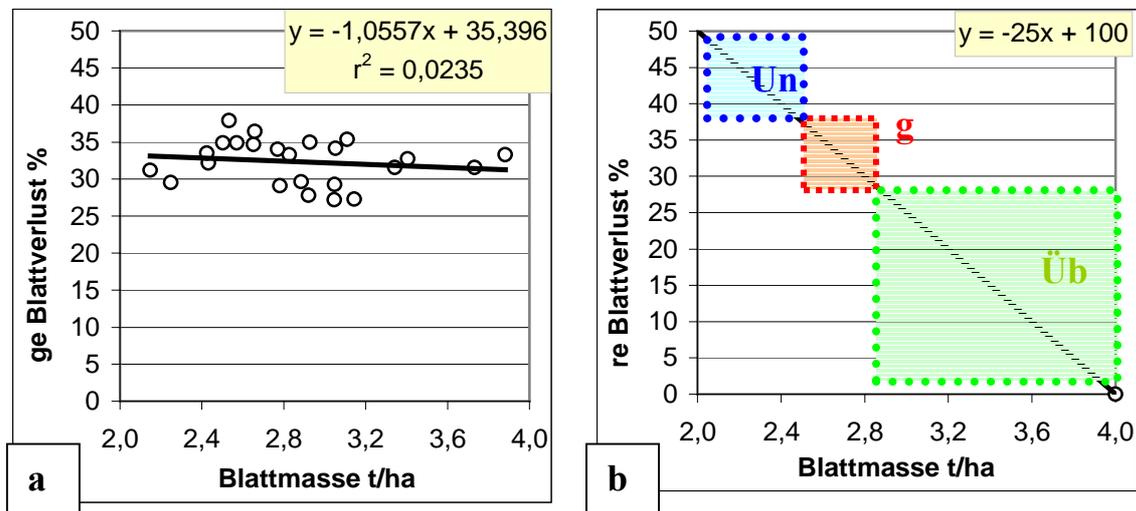


Abb. 12: Beziehung zwischen der Blattmasse und dem Blattverlust der Altersgruppe 2 (n= 24). a) geschätzter Blattverlust, b) realistischer Blattverlust bei 4,0 t/ha unterstellter Vollbelaubung des Bestandes. Un = unterschätzter, Üb = überschätzter Bereich, g = geschätzter Bereich

Die Abbildung 12b verdeutlicht ebenfalls den sehr kleinen Geltungsbereich (rotes Feld) der Schätzfunktion aus Abbildung 12a. Das blaue Feld beschreibt die zu niedrig geschätzten Blattverluste (Unterschätzung), das grüne Feld die zu hoch geschätzten Blattverluste

(Überschätzung). Die Graphik zeigt aber anders als in Abbildung 11b, dass bei alten Buchenbeständen offensichtlich die Unterschätzung des Blattverlustes weniger stark wiegt, als die Überschätzung. Dies lässt sich daraus erklären, dass der geschätzte Blattverlust in den Altbeständen im Mittel um 8% - 9% höher liegt als in den Beständen mittleren Alters (Alterstrendfehler).

### 3.4.1.3. Beziehungen zwischen der Blattmasse und dem geschätzten Belaubungsprozent anhand von zwei Beispielen

Betrachtet man die Beziehung Blattmasse und Belaubungsprozent ( $BL_g \% = BL100\% - BV \%$ ; s. Formel 1) z. B. beim Bestand Harste 78, ergibt sich der weitgehend synchrone Verlauf beider Parameterkurven (Abb. 13), was auf den ersten Blick eine Übereinstimmung zwischen geschätztem Blattverlust und Blattmasse nahe legt aber in Wirklichkeit nur vortäuscht. Die Regressionsgerade verdeutlicht nämlich, dass eine ca. 10%ige Steigerung des Belaubungsprozents von 72% auf 82% eine 46%ige Erhöhung der Blattmasse von 2,2t/ha auf 4,1t/ha nach sich ziehen müsste. Beim Bestand Reinhausen treten zwischen dem geschätzten Belaubungsprozent und der erhobenen Blattmasse große Unterschiede auf (Abb. 14).

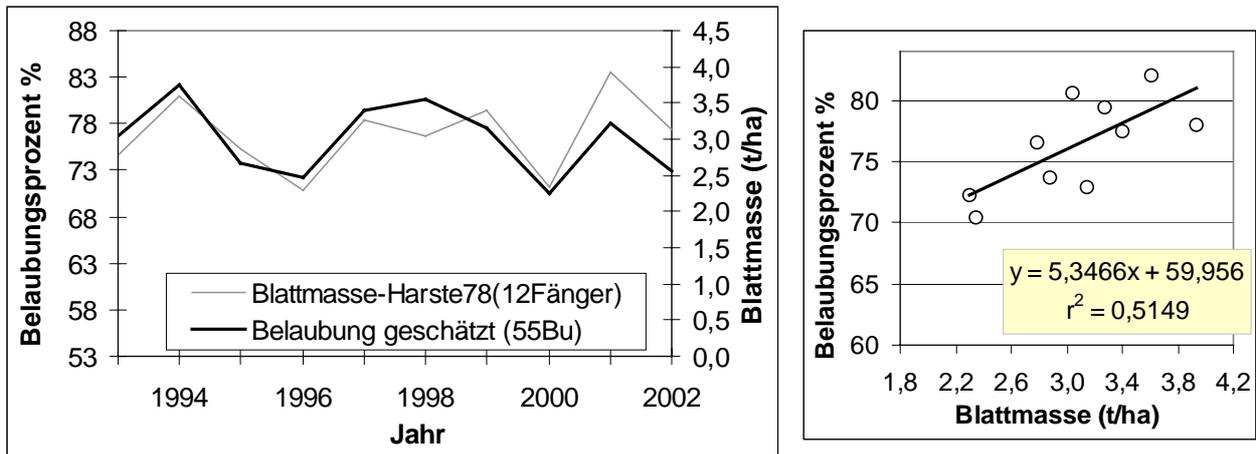


Abb. 13: Beziehung zwischen der Blattmasse und dem Belaubungsprozent zwischen 1993 und 2002 des Bestandes **Harste 78**.

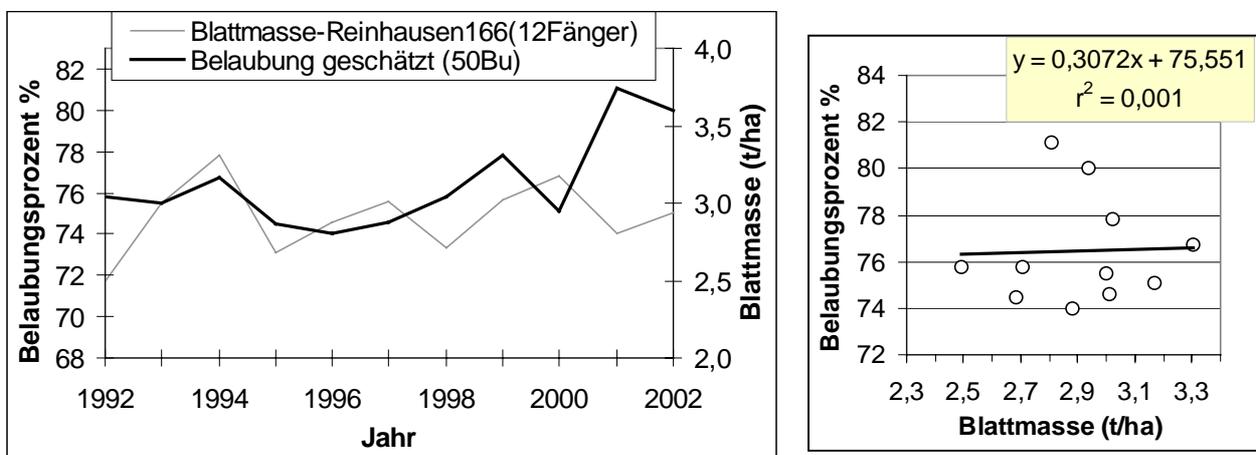


Abb. 14: Beziehung zwischen der Blattmasse und dem Belaubungsprozent zwischen 1992 und 2002 des Bestandes **Reinhausen 166**.

### 3.4.2. Blattmasse (Blattverlust) und Radialzuwachs der Level II Flächen

Zwischen der Blattmasse und dem Radialzuwachs eines Bestandes innerhalb eines bestimmten Zeitraums besteht gewöhnlich ein positiver Zusammenhang. Demnach wäre auch zwischen dem Blattverlust und dem Zuwachs ein negativer Zusammenhang zu erwarten. In der Abbildung 15 ist für die untersuchten Level II Standorte die Beziehung zwischen dem geschätzten Blattverlust und dem Radialzuwachs gegeben. Beim Standort Zierenberg 38A ist kein Zusammenhang nachweisbar. Bei den Standorten Solling B1, Reinhausen 166 und Harste 78 kann mit dem Rückgang des Blattverlustes eine Steigerung des Zuwachses nachgewiesen werden. Diese Beziehung sind aber unrealistisch, da z. B. eine 5 %ige Reduktion des Blattverlustes eine Verdopplung des Radialzuwachses nach sich ziehen würde. Der Grund hierfür kann neben den Fruktifikations- und Witterungseinfluss in der fehlerhaften Schätzung des Blattverlustes liegen (Unter-/Überschätzungsproblematik).

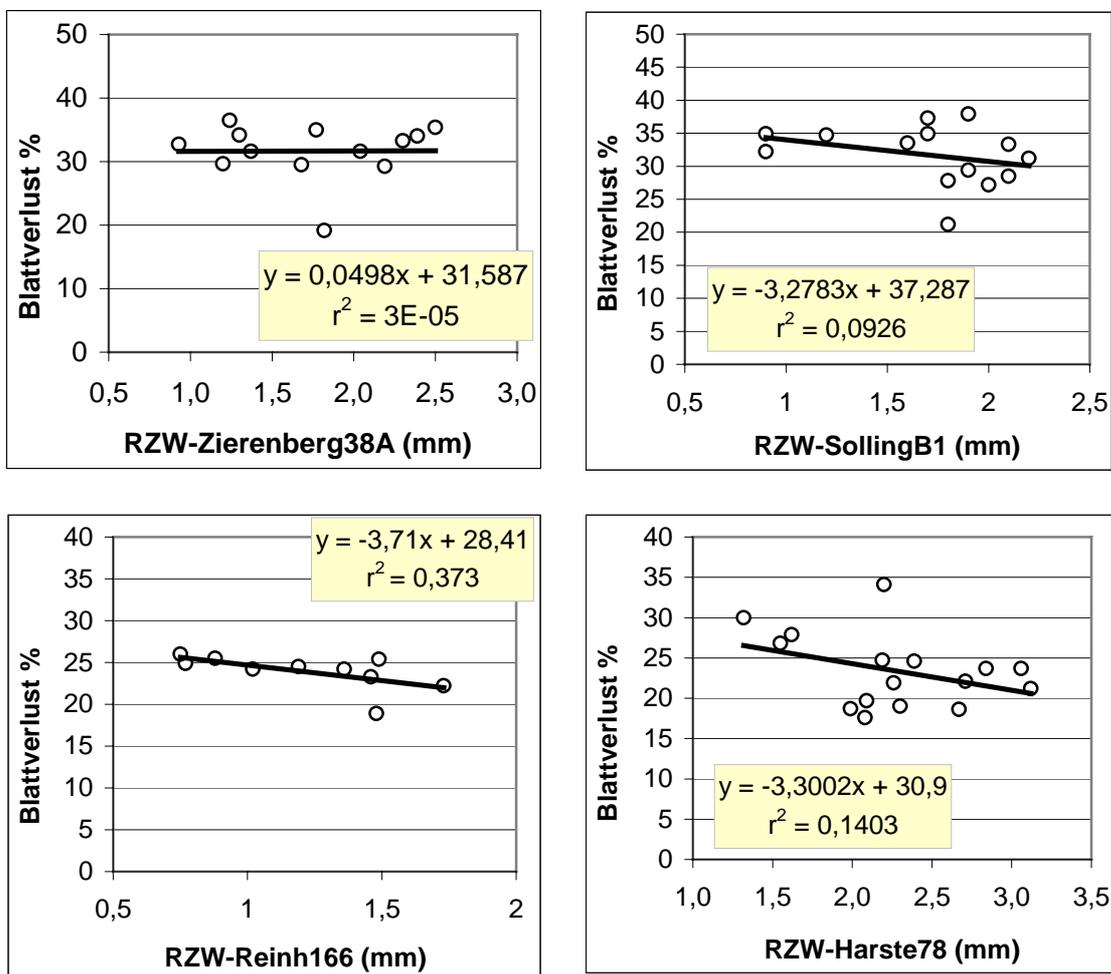


Abb. 15: Zusammenhang zwischen geschätztem Blattverlust und Radialzuwachs der Buchen von den Level II Standorten

### 3.4.3. „Blattverluste bei älteren (>60 Jahre) und jüngeren Buchen (< 60 Jahre)

Betrachtet man beispielsweise die „Schadensentwicklung der älteren Buche (> 60 Jahre) in Hessen und Niedersachsen fällt auf (Abb. 16), dass die Anteile stark geschädigter Buchen (Schadstufen 2-4) insbesondere nach 1984/85 von unter 20% rasch angestiegen sind und dann ab 1992 zwischen 30-50% bzw. 60-75% stagnieren, dass die prozentualen

Schadstufenanteile der Blattverluste in Hessen deutlich höher liegen als in Niedersachsen (in Hessen sind prozentuale Schadstufenanteile, in Niedersachsen prozentuale Flächenanteile der Blattverluststufe 2-4 beschrieben NFV 2000, HMULF 2001), dass die Blattverlustkurven einen synchronen Verlauf aufweisen, wobei allerdings 1989 und 1990 auffällige Differenzen auftreten. In diesen Jahren stiegen die Anteile der Schadstufen 2-4 in Niedersachsen auf 40% (1989) und 53% (1990), wohingegen in Hessen nur 32% (1989) und 39% (1990) erreicht wurden, obwohl insgesamt der Blattverlust in Hessen deutlich höher liegt als in Niedersachsen. Nach dieser Schadstufenentwicklung sollte man erwarten, dass sich der Bestandeszuwachs der Buche entsprechend seiner Abhängigkeit von der Blattmasse auch entsprechend rückläufig verhielte. In der Abbildung 17 ist aber dieses erwartete Zuwachsverhalten der Bäume auf den Level II Flächen nicht erkennbar. Der leicht fallende Zuwachstrend dürfte hier altersbedingt sein. Das Zuwachsniveau der Bestandeskollektive von 1994 – 2002 (hohe Blattverluste) ist kaum verschieden vom Zuwachsniveau vor 1984 (niedrige Blattverluste). Außerdem ist hier anzumerken, dass die Buche etwa seit dieser Zeit häufiger und öfter blühte und fruktifizierte.

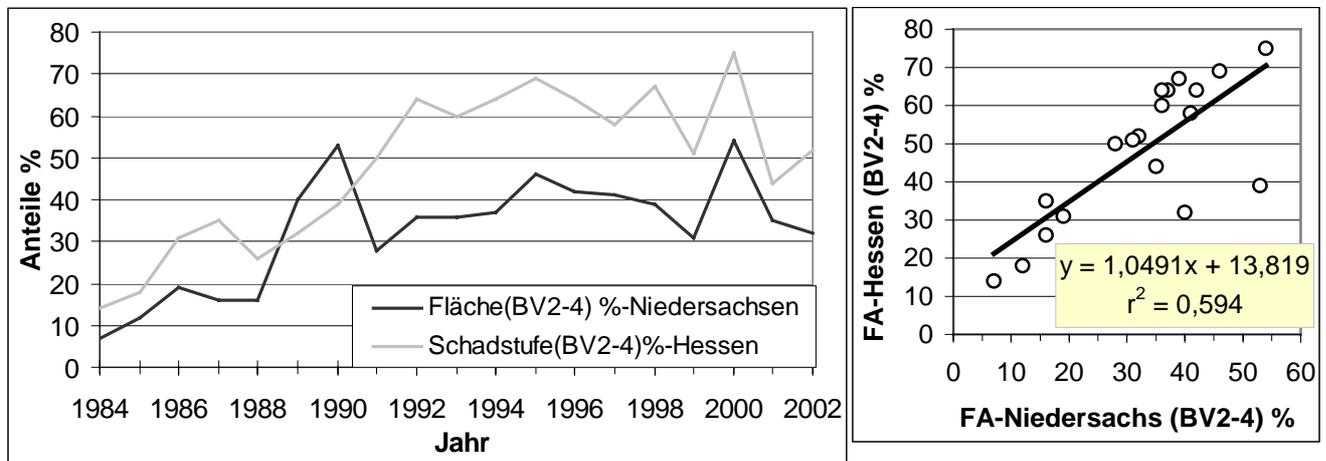


Abb. 16: Entwicklung der prozentualen Flächen- bzw. Schadstufenanteile der älteren Level I-Buchen (> 60 Jahre) mit Blattverlusten > 25% von Niedersachsen und Hessen seit 1984

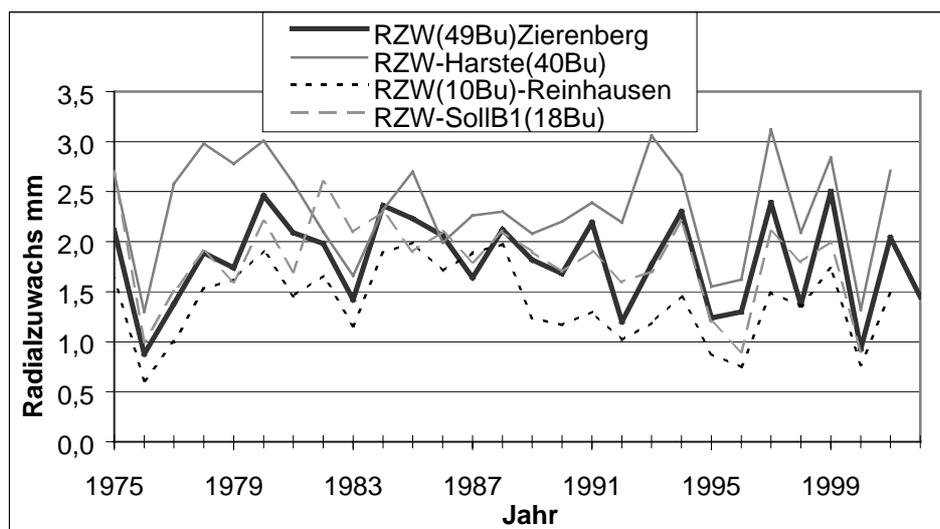


Abb. 17: Radialzuwachsentwicklung von Buchen auf 4 Level-II-flächen

Wertvollen Aufschluss über den Zusammenhang zwischen Umweltbelastung und dem „Blattverlust“ liefern hier die **jüngeren Buchenbestände (Bu < 60 Jahre)**. Bei den jüngeren

Buchenbeständen sind merkwürdigerweise viel geringere Blattverluste (unter 13%, Ausnahme Niedersachsen 1990: 17%) geschätzt worden (Abb. 18), obwohl diese Bestände ähnliche räumliche Verteilungen (Höhenlage, Exposition, Ausgangsgestein) aufweisen und ähnlich hohen Belastungen (Stoffeinträge, Witterung etc.) ausgesetzt sind wie die älteren Bestände. Wie ist dieser „Blattverlustunterschied“ erklärbar? Eine lapidare Antwort darauf, jüngere Bestände seien vitaler und könnten Schäden besser tolerieren und schneller überwinden, wäre nicht plausibel und akzeptabel, da selbst 150 jährige Buchen erst im mittleren Lebensalter stehen.

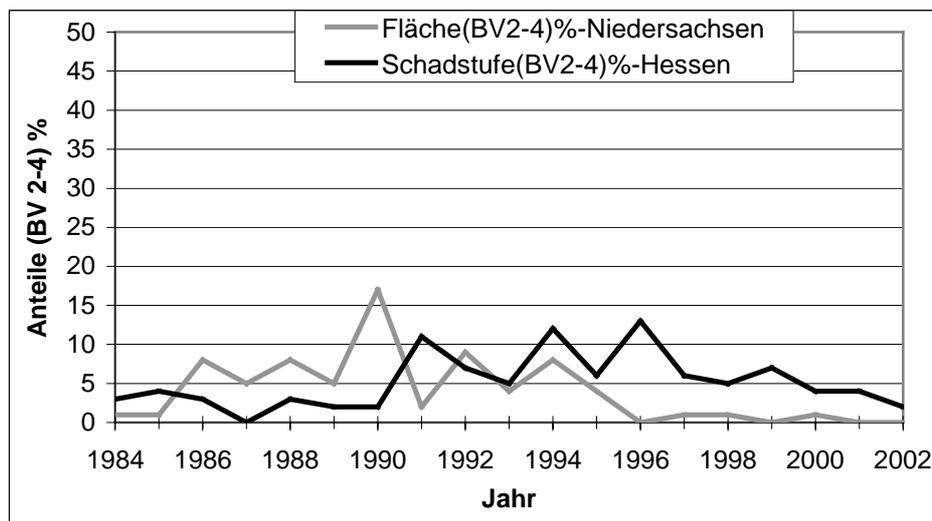


Abb. 18: Entwicklung der prozentualen Flächen- bzw. Schadstufenanteile der jüngeren Level I-Buchen (< 60 Jahre) mit Blattverlusten > 25% von Niedersachsen und Hessen seit 1984

Eine einfache plausible Erklärung hierauf könnte sein:

- jüngere Bestände **fruktifizieren noch nicht** oder kaum und leiden daher unter einem geringeren „Blattverlust“, da die Baustoffe nicht zwischen den Blättern und den Blüten/Früchten aufgeteilt werden müssen, sondern voll der Blattmasse zur Verfügung gestellt werden können. Sehr starke Fruktifikationen können bis zu über 20 % „Blattverlust“ bewirken (NFV, 2002, GRUBER 2003, s. Kap. 3.4.6.).
- Die jüngeren Buchen unterliegen **noch nicht dem Alterstrend der Belaubung**. Der altersbedingte "Blattverlust" von Buchen in der Zeitspanne 50 – 110 Jahre kann theoretisch ca. 15 % betragen.

Bereinigt man die mittlere Blattverlustkurve mBV der älteren Buche über 60 Jahre (Abb. 19a) um den altersbedingten „Blattverlust“ von ca. 15 % und um den durch Fruktifikation bedingten „Blattverlust“ ( $mBV\text{-faktor} \cdot 0,20 \cdot \text{Fruktifikationsfaktor}(g+m+s)$ ), so ergibt sich die in Abbildung 19b dargestellte korrigierte mittlere Blattverlustkurve der älteren Buche. Diese gleicht weitgehend der mittleren Blattverlustkurve der jüngeren Buche unter 60 Jahre. Der Blattverlust von 1988 – 2002 bewegte sich demnach zwischen 5 – 17%.

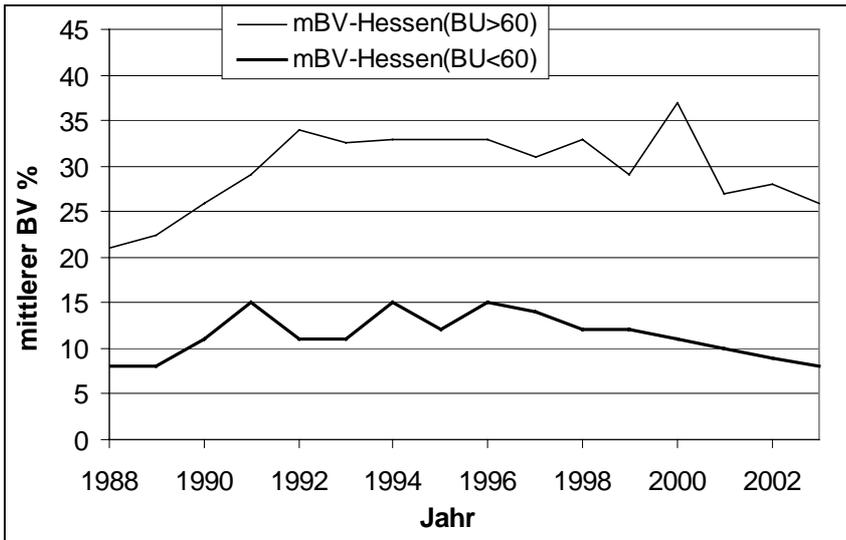


Abb. 19a: Mittlerer Blattverlust der Buche in Hessen von 1988 – 2002 (aus HMULV 2003)

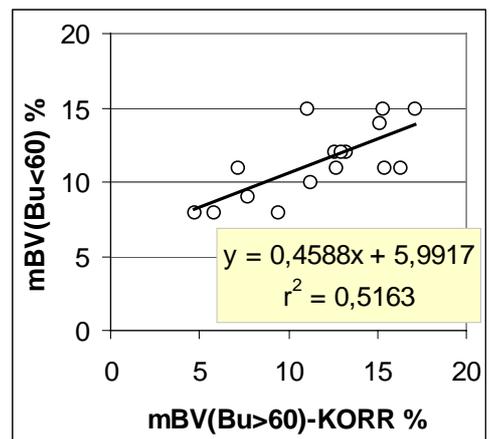
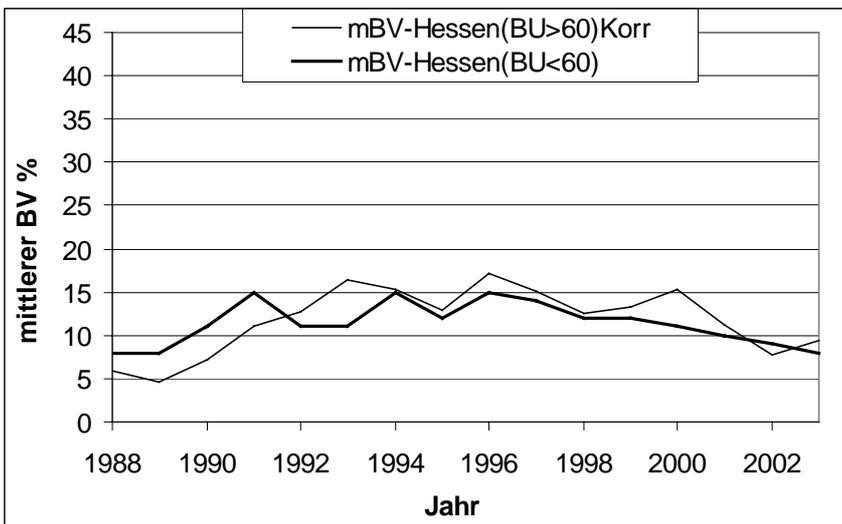
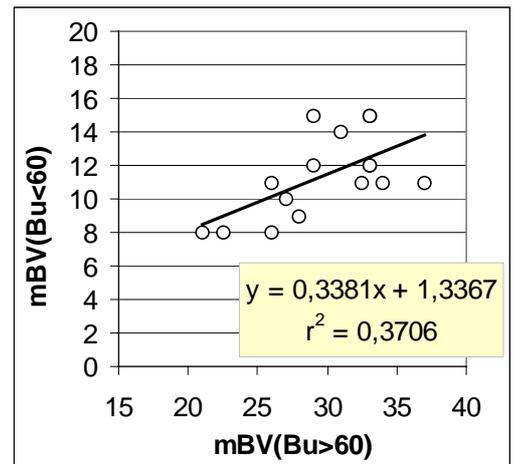


Abb. 19b: Vergleich des korrigierten Blattverlustes BV%Korr der Buche über 60 und des geschätzten Blattverlustes der Buche unter 60 in Hessen

Wegen dieser baumintern (ontogenetisch) bedingten natürlichen Veränderung der Belaubung durch Alterstrend und Fruktifikation, die ja keine Baumschädigungen darstellen, eignet sich bei der älteren Buche die derzeit praktizierte Blattverlustschätzmethode nicht zu deren Vitalitätsbewertung. Denn ihre Vitalität wird danach viel zu schlecht eingestuft. Unsere Buchenwälder über 60 sind also weitaus vitaler als dies in den WZB dargestellt wird. Die Buchen unter 60 Jahre eignen sich allerdings hierfür recht gut.

#### 3.4.4. Schwefeleintrag und Blattverlust

Ein weiterer Punkt, der die Frage nach der Richtigkeit der Blattverlustschätzung aufwirft, ist die gegenläufige Entwicklung zwischen Schwefeleintrag (HMULV 2003) und mittlerem Blattverlust am Beispiel der Buche (> 60 Jahre) in Hessen. Im Zeitraum 1984 – 2002 steigt der mittlere Blattverlust der Buche trotz ständig sinkenden Schwefeleintrags (Abb. 20a). Im Gegenteil ist sogar zwischen dem Schwefeleintrag und dem Komplement des Blattverlustes

(geschätztes Belaubungsprozent  $BL_g\% = BL100\% - BV_g\%$ ) ein nahezu gleicher Kurvenverlauf gegeben (Abb. 20b). Dass dieser Kurvenverlauf nicht mit einer jahrzehntelangen Nachwirkung hoher Immissionsbelastung erklärbar ist, bestätigt die Abbildung 20b. Dabei wäre außerdem zu bedenken, dass trotz mehrmaliger Kalkungsmaßnahmen in diesem Zeitraum der mittlere Blattverlust weiterhin um die 30 % schwankt und nicht rückläufig ist. Dieser „Blattverlust“ muss also anders erklärbar sein. Fragwürdig erscheint die Blattverlustentwicklung von 1983/1984 – 1991. In diesem Zeitraum vervielfachte sich der Blattverlust von 10 % - 15 % auf über 30 %. Da Bestandesblattmasse, Blattverlust und Zuwachs aufs Engste miteinander gekoppelt sind, die Blattmasse der Lichtkrone den Hauptteil des Zuwachses leistet, diese aber gleichzeitig am stärksten durch den Blattverlust betroffen ist, müssten nach 1985 in den Buchenwäldern Hessens Zuwachseinbrüche (ähnlich dem Belaubungsverlauf in Abb. 20b) um etwa 15 % – 20 % zu verzeichnen sein. Beispielsweise zeigen die Buchen von 4 Level II Standorten derartige Zuwachseinbrüche nicht (vergl. Abb. 17).

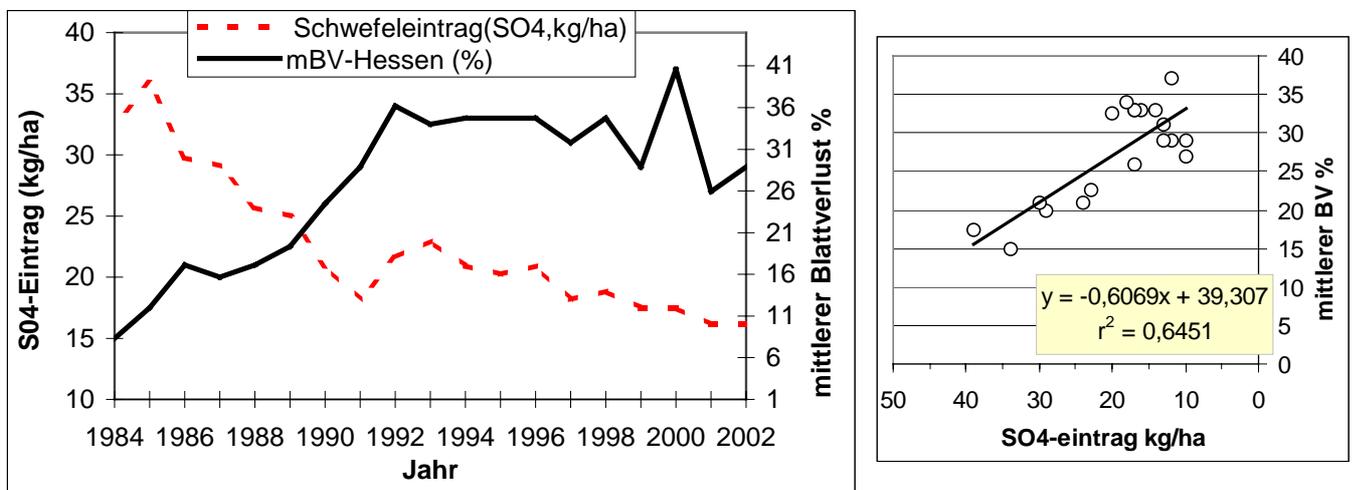


Abb. 20a: Zusammenhang zwischen Schwefeleintrag ( $SO_4$ , kg/ha) und Entwicklung des mittleren Blattverlustes bei der Buche (> 60 Jahre) in Hessen

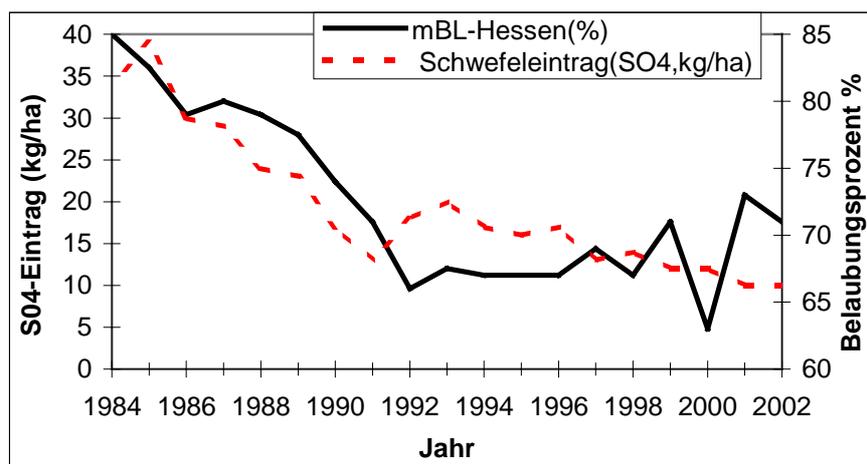


Abb. 20b: Zusammenhang zwischen Schwefeleintrag ( $SO_4$ , kg/ha) und Entwicklung des mittleren geschätzten Belaubungsprozents ( $BL_g\%$ ) bei der Buche (> 60 Jahre) in Hessen

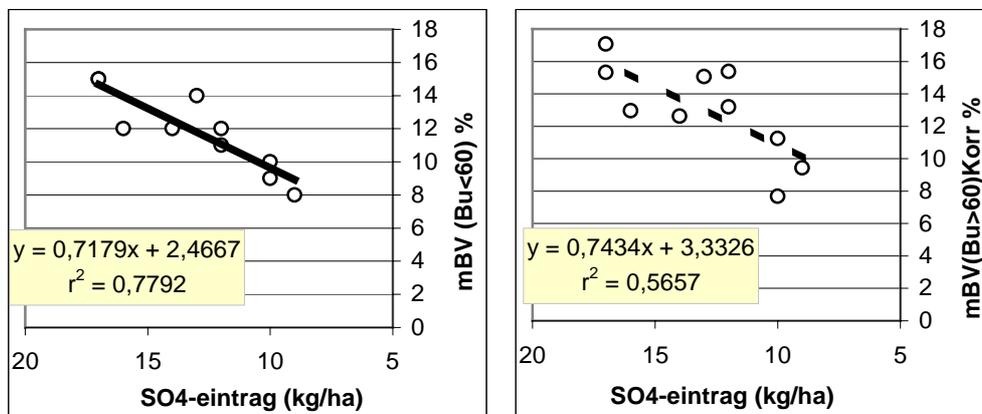
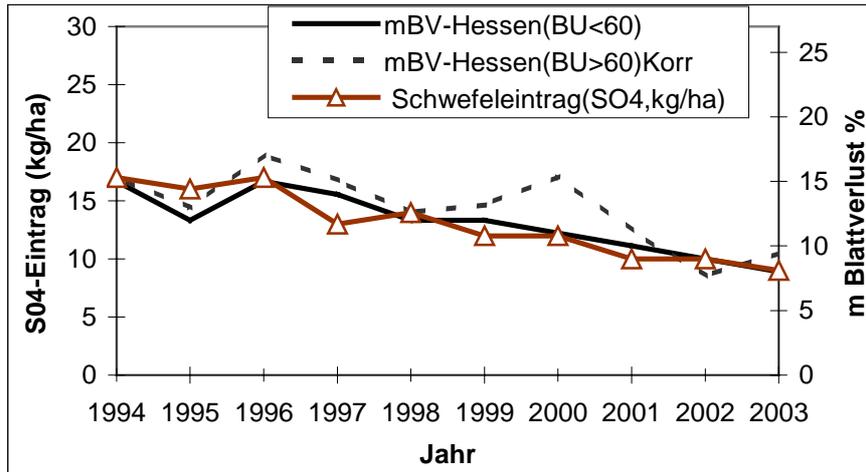


Abb. 20c: Zusammenhang zwischen dem mittleren Blattverlust und dem SO<sub>4</sub>-eintrag in Hessen : mittlerer Blattverlust der Buche unter 60 Jahre von 1994 – 2003 und korrigierter mittlerer Blattverlust der Buche über 60 Jahre.

Vergleicht man aber die mittleren Blattverlustkurven der Buche über 60 Jahre korrigiert und unter 60 Jahren mit der SO<sub>4</sub>-eintragskurve (Abb. 20c) seit 1994, so ergeben sich sehr gute positive Korrelationen, wonach mit dem Rückgang des Schwefeleintrags auch der „Blattverlust“ rückläufig ist, was unbestritten zumindest teilweise auf die in diesem Punkt erfolgreiche Umweltpolitik vom früheren Forschungsminister Dr. Riesenhuber zurückzuführen ist. Aber auch die vom Autor (GRUBER, 2003, 2004) zwischen 1993 und 2002 aufgezeigten günstigen klimatischen Bedingungen sind mit ursächlich für die „Kronenregeneration“ der Buche.

### 3.4.5. Mittlerer Blattverlust und Längenzuwachs der Buchenwipfel

Auch wenn die in der Abbildung 20a dargestellte mittlere Blattverlustkurve von Hessen möglicherweise zu hoch geschätzt wurde, muss es für den Kurvenverlauf eine Erklärung geben, welche aufgrund des engen Zusammenhangs zwischen Blattzahl und Trieblänge im Längenzuwachs zu suchen ist. Berechnet man aus der mittleren Blattverlustkurve Hessens die mittlere Belaubungsprozentkurve nach Formel 4, ergibt sich der in der Abbildung 21 dargestellte Kurvenverlauf. 84 Wipfelwachstumsanalysen von 100 – 155 jährigen Buchen auf verschiedenen Kalk- und Buntsandsteinstandorten im Göttinger Raum und von Zierenberg zeigen, dass nach 1988 Zuwachseinbrüche im Längenzuwachs der Buchenwipfel eingetreten

sind, welche im Mittel von 17,5 cm Trieblänge (Zeitraum 1979 – 1987) auf 10 cm abgesunken sind (Abb. 21). Erstaunlich nun ist, dass die mittlere Belaubbungskurve Hessens um 2 Jahre verzögert die mittlere Längenzuwachskurve nachzeichnet.

Die mittlere Triebreduktion um ca. 7,5 cm bewirkt nach Abbildung 2 eine Reduzierung der Blattzahl am Langtrieb von 8 auf 6 Blätter, also eine Blattzahlreduktion um ca. 25 % am Langtrieb. Es ist also unbestritten, dass nach 1988 bei der älteren Buche (110 Jahre, 40% Langtriebanteil) in Hessen und Niedersachsen eine Oberkronenverlichtung von möglicherweise durchschnittlich 10% – 12% Blattzahlreduktion stattgefunden hat.

Wodurch wurde aber diese Kronenverlichtung bzw. Triebängenreduktion verursacht?

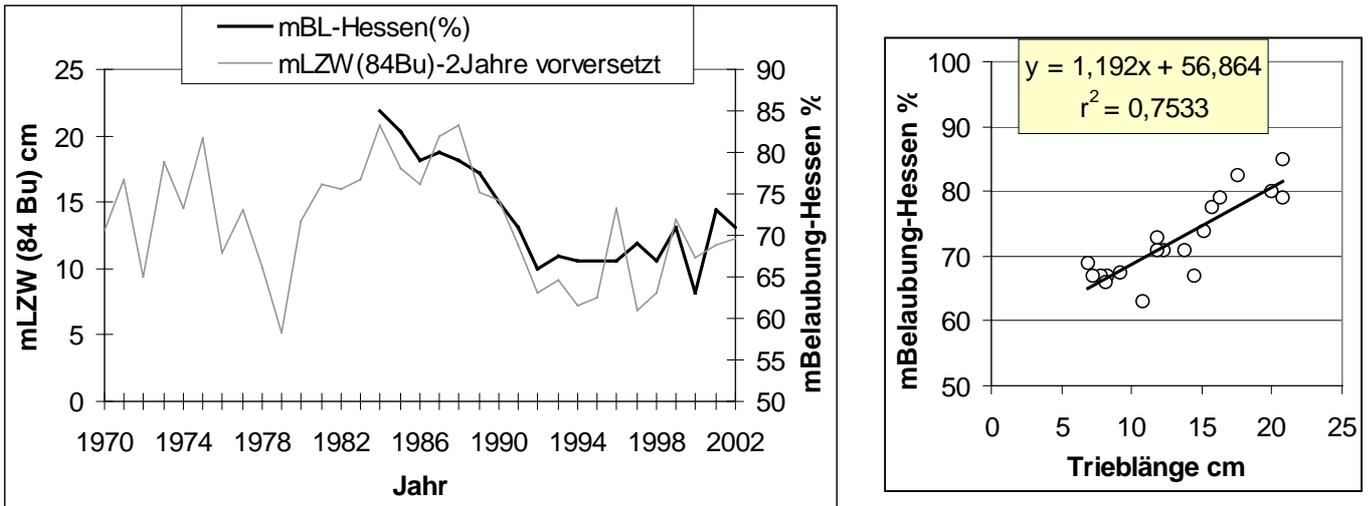


Abb. 21: Zusammenhang zwischen mittlerem Belaubbungsprozent und dem Längenzuwachs von Buchenwipfeln. Beachte! Die mLZW-kurve ist um 2 Jahre vorversetzt.

Die Abbildung 22 verdeutlicht, dass nach 1988 häufige und stärkere Fruktifikationen (1989, 1990, 1991, 1992, 1995, 1998, 2000) und ungünstige anders bedingte Längenzuwächse (1993, 1996) aufgetreten sind. Aufgrund der Konkurrenzregel (GRUBER, 2003) bewirken Fruktifikationen eine Triebängenreduktion und damit eine Blattzahlreduktion (Kronenverlichtung steigt). Die ungünstigen Längenzuwächse in den Jahren 1993 und 1996 sind auf den für das Wachstum ungünstigen multiannualen Witterungsindex zurückzuführen.

Vergleicht man den Fruchtindex mit dem Längenzuwachs im dargestellten Zeitraum (ohne die Jahre 1993 und 1996), ergibt sich ein deutlicher Zusammenhang (Abb. 23): Mit zunehmender Fruktifikation nimmt die Trieblänge und damit die Blattzahl ab. Die nach 1988 erfolgte „Kronenverlichtung mit erhöhtem Blattverlust“ ist also als Folge erhöhter Fruktifikation und ungünstiger Witterung nachweisbar. Als „Schaden“ bzw. nachhaltiger Vitalitätsverlust kann jedoch dieser „Blattverlust“ keinesfalls gewertet werden, da bereits einerseits durch bauminterne Vorgänge und andererseits durch natürliche Witterungseinflüsse die Buchenkrone eine große Belaubbungsdynamik aufweist. Andererseits werden die Blattmassen und Radialzuwächse in der Nachfolge nicht vermindert (Egalitätsregel: s. Kap. 3.5. und Abb. 32 a – d).

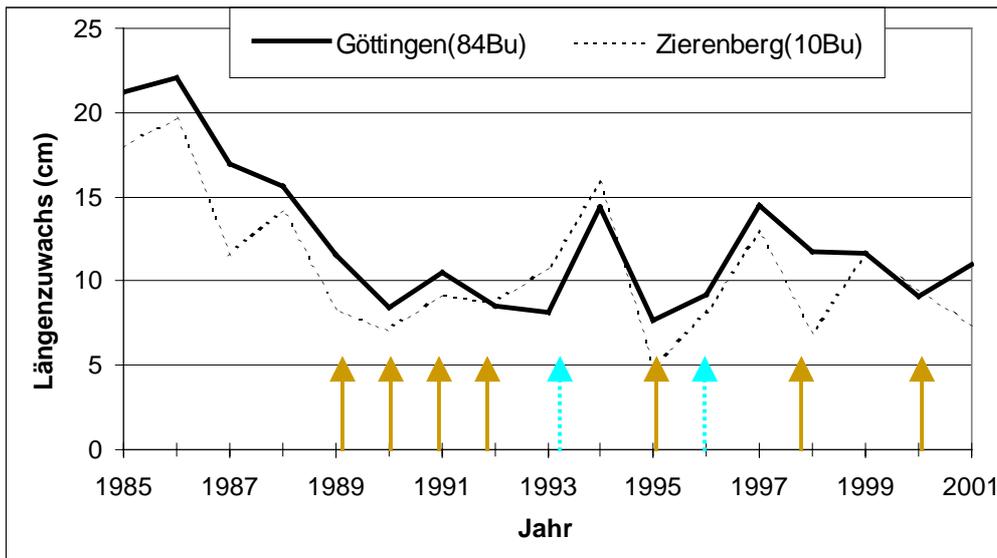


Abb. 22: Wipfelwachstum von Buchen im Göttinger Raum und vom Standort Zierenberg zwischen 1985 und 2001 (Linienpfeile: gute Blüte- und Fruktifikationsjahre, Punktlinienpfeile: ungünstiger multiannualer Witterungsindex)

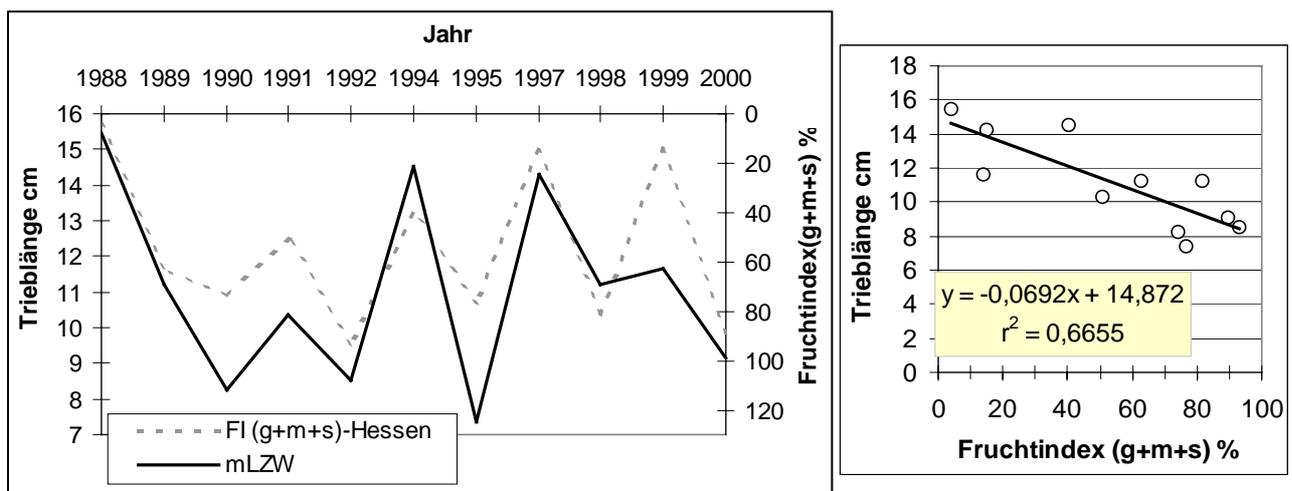


Abb. 23: Zusammenhang zwischen dem Fruchtindex (g+m+s) der älteren Buche in Hessen und der Trieblänge von älteren Buchenwipfeln (g+m+s = Anteil gering, mittel und stark fruktifizierender Buchen) ohne die Jahre 1993 und 1996

### 3.4.6. Fruktifikation und Blattmasse bzw. „Blattverlust“

In der Abbildung 24 ist der Zusammenhang zwischen der Reproduktionselementemenge  $RM = FM + CM$  (t/ha) und der Blattmasse  $BM$  (t/ha) von den fünf älteren Buchen Level II Flächen Harste 78, Reinhausen 166, Solling B1, RLP 211 und RLP 212 zusammengefasst (s. Tab. 1c – 1f), wobei die Jahre (1993, 1996) mit sehr geringen Blattmassen und gleichzeitig ohne Fruktifikation nicht mit einbezogen wurden. Die Regressionsgerade zeigt, dass die Blattmasse von 3,13 t/ha ohne Fruktifikation auf 2,55 t/ha sinkt, wenn die Fruchtmasse auf 6,5 t/ha (starke Fruktifikation) ansteigt. Dies entspricht einem maximalen Blattmassedefizit von ca. **18%** (0,58 t/ha).

In der Abbildung 25 ist der Zusammenhang zwischen der Fruchtmenge und der Blattmasse für jede Fläche einzeln dargestellt.

Obwohl die Reproduktionselementemasse (FM + CM) die Blattmasse um über das Doppelte hinaus übertreffen kann (s. Tab. 1g) , nimmt auch in sehr starken Fruchttjahren die Blattmasse nicht übermäßig ab. Offensichtlich wird trotz derartig gewaltiger bauminterner Umstellungen die Blattfläche relativ wenig beeinträchtigt, was für die weitere Entwicklung und das Überleben der Buche aufgrund der Assimilatsourcebedeutung der Blattfläche eine fundamentale Strategie darstellt.

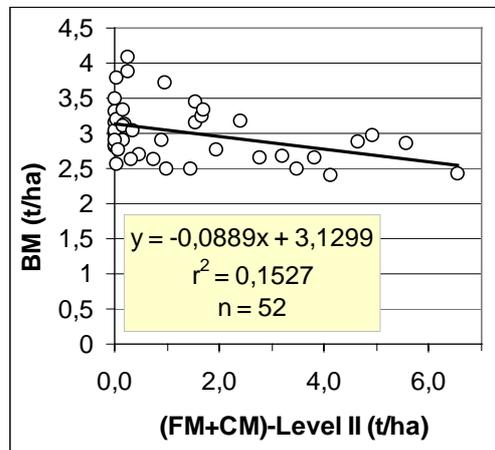
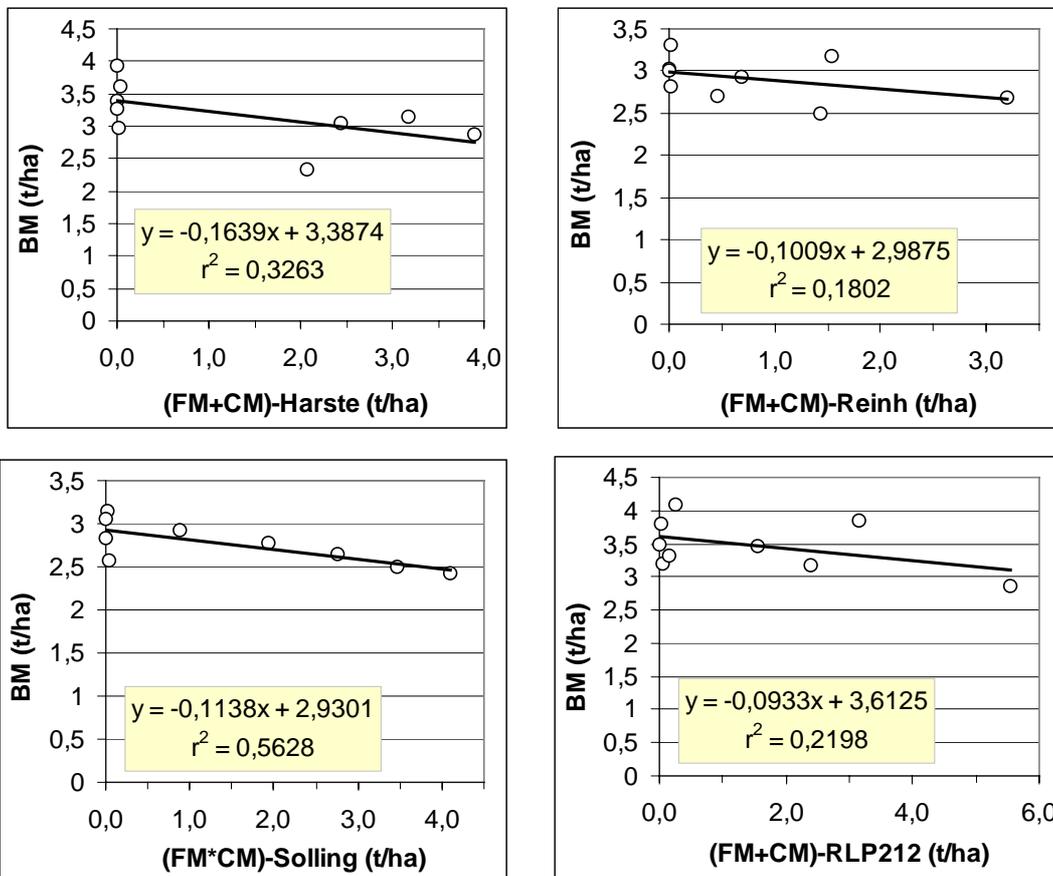


Abb. 24: Zusammenhang zwischen der Fruchtmasse (FM+CM) und der Blattmasse von 5 Level II-Standorten (s. Tab. 1 c – 1e)



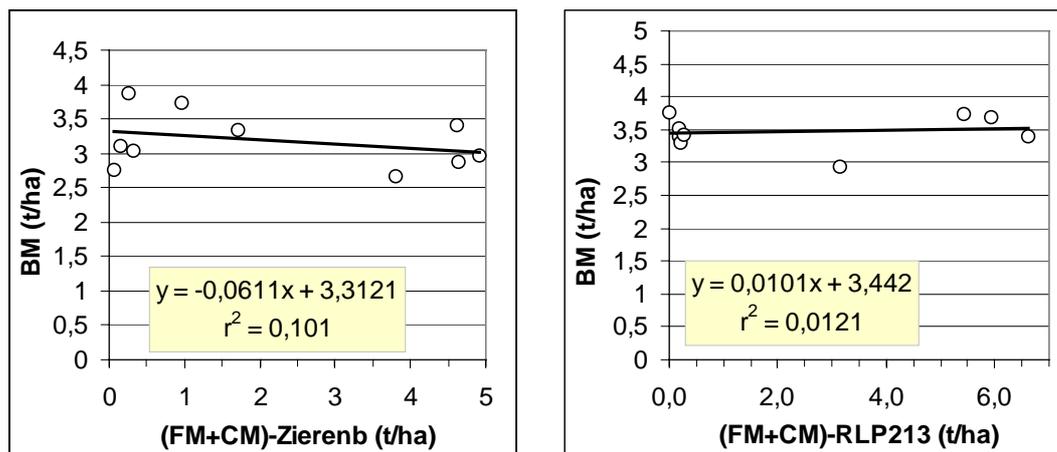


Abb. 25: Zusammenhang zwischen der Fruchtmasse (FM+CM) und der Blattmasse der einzelnen Level II-Standorte

### 3.5. Der Einfluss der Fruktifikation auf den Baumzustand (Blattmasse, Holzzuwachs)

Aufgrund des hohen Baustoffbedarfs bei der Blüte und Fruktifikation der Buche hat vor allem ein Mastjahr Auswirkungen auf den Baumzustand. Starke Fruktifikationen können demnach nur zustande kommen, wenn sich der Baum in höchster Vitalität befindet und im Vorjahr der Blüte eine enorme Reservestoffmenge angelegt worden ist.

Wie bereits besprochen wurde, kann eine starke Fruktifikation eine momentane, jedoch nicht übermäßig hohe Herabsetzung der Belaubung nach sich ziehen (s. Abb. 24, 25), was in erster Linie durch die vermehrte Kurztriebbildung hervorgerufen wird. In der Regel gilt dies aber nur für das betroffene Jahr der Fruktifikation (Konkurrenzregel: GRUBER 2003), nicht aber für das Folgejahr (Egalitätsregel, GRUBER 2003), in dem die Buche aufgrund ihrer Kronenflexibilität wieder vermehrt auf die Langtriebbildung umzuschalten vermag (Konversion). Derartige Belaubungsschwankungen liegen im natürlichen Schwankungsbereich der Buchenbelaubung und können für die Buche keinerlei Vitalitätsverluste bedeuten (s. Kap. 3.6). Denn aus strategischen Gesichtspunkten heraus wäre eine zu starke Belastung der Assimilatsource „Blattfläche“ auch unökonomisch und nachteilig. Ein besserer Ausgleich kann hier hingegen durch die geringere Baustoffzufuhr zum Holzleitsystem geschaffen werden, indem schmälere Holzjahresringe ausgebildet werden, ohne dass dadurch die Wasser- und Nährstoffzufuhr beeinträchtigt wäre; denn die Buche zählt zu den Baumarten, deren Splint im bis zu 30 – 40 Jahreringe umfassen kann. In den folgenden Darstellungen sind die Zusammenhänge zwischen der Reproduktionselementemasse (FM + CM) und dem Radialzuwachs des laufenden Jahres der Level II Standorte aufgezeigt (Abb. 26a). Dabei sind die Jahre (1993 und 1996), die auch ohne Fruktifikation sehr niedrige Holzzuwächse aufwiesen (infolge ungünstiger multiannualer Witterungseinflüsse), herausgenommen worden.

Nach diesen Beziehungen zeigt sich, dass eine starke Fruktifikation eine über 100%ige Reduktion des Radialzuwachses nach sich ziehen kann (Konkurrenzregel).

Wie bereits angedeutet, muss im Vorjahr des Fruchtjahres eine große Reservestoffmenge aufgebaut werden, welche nur unter günstigen Wachstumsbedingungen möglich ist. Ausdruck dieses günstigen Wachstums ist z. B. die Breite des Jahresrings im betreffenden Vorjahr der Fruktifikation. Nach GRUBER 2003 besteht zwischen dem Radialzuwachs des Vorjahres und der Fruktifikation (Vorjahresregel) eine positive Abhängigkeit (Gleichlaufregel). Diese Regel kommt in der Abbildung 26b zum Ausdruck, indem zwischen dem Radialzuwachs des

Vorjahres ( $RZW_v$ ) und der Reproduktionselementemasse ( $FM + CM$ ) des laufenden Jahres für jeden einzelnen Standort eine positive Korrelation (hier zusammengefasst) nachgewiesen werden kann. Ist hingegen das Vorjahr ungünstig (z. B. Jahre 1993 und 1996), so bleibt die Fruktifikation in den Folgejahren (1994, 1997) aus (s. Abb. 31, 32).

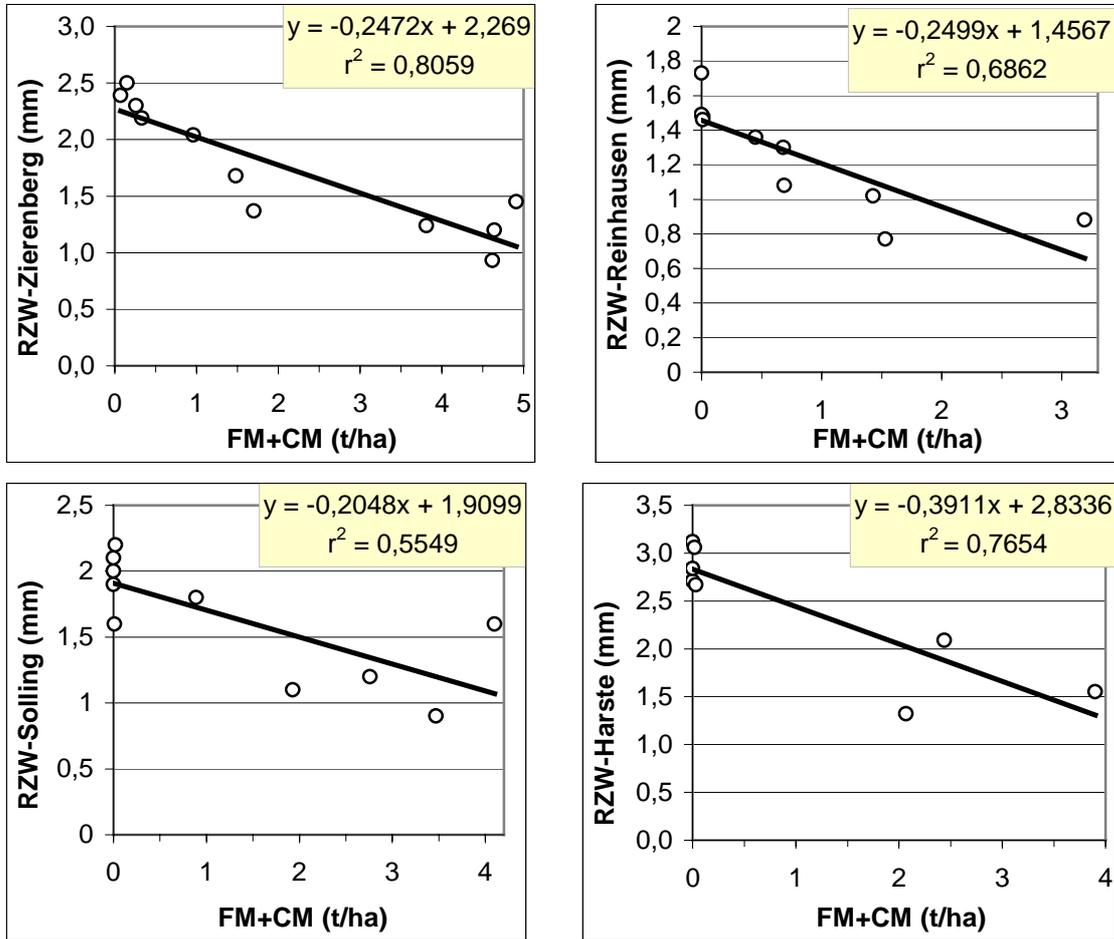


Abb. 26a: Zusammenhang zwischen der Fruchtmasse ( $FM+CM$ ) und dem Radialzuwachs des laufenden Jahres

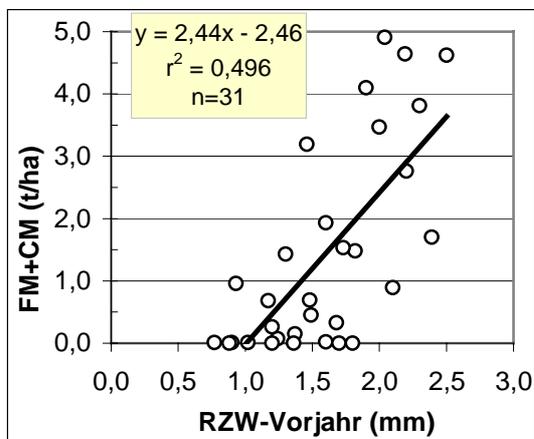


Abb. 26b: „Gleichlaufregel“: Zusammenhang zwischen dem Radialzuwachs des jeweiligen Vorjahres und der Fruchtmasse ( $FM+CM$ ) und (Standorte Zierenberg, Solling, Reinhausen)

Die 3. Fruktifikationsregel bei der Buche nach GRUBER 2003 besagt, dass die Fruchtbildung auf den Zuwachs des Folgejahres keine negativen Auswirkungen zeigt (Egalitätsregel). In der Abbildung 26 c ist dies verdeutlicht, indem auch starke Fruchttore den Zuwachs nicht negativ beeinflussen, sondern sogar eine positive Wirkung aufweisen. Ganz offensichtlich wird die Vitalität des Baumes oder Bestandes nach einem starken Fruchttore nicht beeinträchtigt.

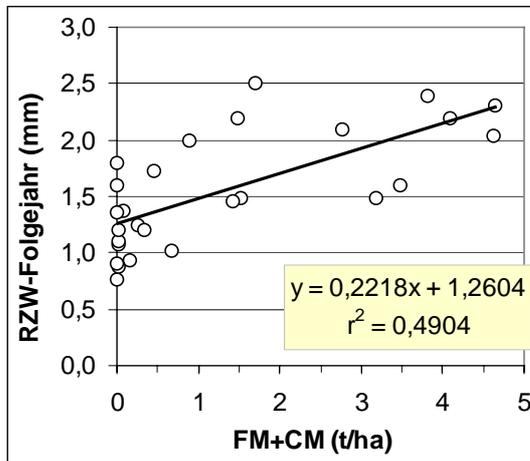


Abb. 26c: „Egalitätsregel“: Zusammenhang zwischen der Fruchtmasse (FM+CM) und dem Radialzuwachs des jeweiligen Folgejahres (Standorte Zierenberg, Solling, Reinhausen)

### 3.6. Natürliche Schwankungsbreite der Buchenbelaubung

Aufgrund der jährlichen Schwankungen der „natürlichen“ standörtlichen Witterungseinflüsse und der unbestimmten Blütenbildungen und Fruktifikationen wechselt die Belaubung der Buchenkrone von Jahr zu Jahr unterschiedlich. In welchem Rahmen die Belaubung natürlich schwanken kann, ist bislang wissenschaftlich noch nicht belegt worden.

Methodisch kann dies durch Zeitreihenanalyse (Zeitraum 10 – 15 Jahre) der jährlichen Blattfall- und Fruchtmassen, der Triebllängen und auch der Radialzuwächse aufgezeigt werden, sofern die Zeitreihe keinem allzu starken Trend unterliegt. Aber auch selbst die Einzelbaumweise Blattverlustschätzung auf den Level II Standorten gibt darüber eine Vorstellung. Die Mittelwertskurven des Blattverlustes eines Standortes oder sogar eines Bundeslandes einer Baumart geben darüber wenig Auskunft, da dabei der Streurahmen durch die Mittelwertbildung sehr verengt wird.

Tab. 2: **Blattmassen**  $BM_t$  (t/ha Trockengewicht) der Level II Standorte (2003), S = max. Schwankungsbereich der Blattmassen bezogen auf den Höchstwert in „Nichtfruchttore“

Bestand	Alter	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	1992	S%
Harste 78	113	3,14	<b>3,94</b>	2,34	<b>3,40</b>	3,04	<b>3,27</b>	<b>2,30</b>	2,87	3,61	<b>2,97</b>		42
Reinh 166	136	2,94	<b>2,81</b>	3,17	<b>3,02</b>	2,71	<b>3,01</b>	<b>2,88</b>	2,69	3,31	<b>3,0</b>	2,49	7
Solling B1	154	2,78	<b>3,15</b>	2,50	<b>3,05</b>	2,92	<b>2,83</b>	<b>2,43</b>	2,65	2,15	<b>2,57</b>	2,42	23
Lüss	123	2,17	<b>1,87</b>	1,80	<b>2,14</b>	1,58	<b>1,93</b>	<b>1,98</b>	2,40	2,29	<b>2,09</b>		13
Zierenb 38A	155	2,98	<b>3,73</b>	3,41	<b>3,11</b>	3,34	<b>2,77</b>	<b>3,05</b>	2,66	3,88	<b>2,93</b>	2,88	26
Rheinl-211	82	2,44	<b>2,92</b>	2,50	<b>3,13</b>	2,64	<b>2,92</b>	<b>2,64</b>	<b>3,26</b>				16
Rheinl-212	111	2,87	<b>3,21</b>	3,85	<b>3,80</b>	3,46	<b>3,49</b>	<b>3,33</b>	3,18	<b>4,10</b>			16
Rheinl-213	111	3,39	<b>3,41</b>	3,70	<b>3,53</b>	3,74	<b>3,77</b>	<b>3,29</b>	2,94	3,43			13

Bezüglich des **Schwankungsbereichs der Blattmassen** auf Bestandesebene gibt die Tabelle 1c, 2 eine Vorstellung. Danach können in Abhängigkeit vom Bestand (Standort,

Bestandesstruktur) die Blattmassen bezogen auf den jeweilig am Standort gemessenen Höchstwert zwischen 21% und 42 %, also um 20% schwanken. Betrachtet man nur die Jahre, in denen keine oder nur eine sehr schwache Blütenbildung bzw. Fruktifikation stattgefunden hat (1993, 1996, 1997, 1999, 2001) sind Schwankungen zwischen 7% und 42% zu verzeichnen (s. Tab. 2).

Bei den Blattverlustschätzungen sind im Beobachtungszeitraum 1986 - 2001 bei der Buche vom Standort Harste 78 Blattverlustschwankungen an einzelnen Bäumen zwischen 10% und 35% aufgetreten (Abb. 27a). Beim 154 Jahre alten Buchenbestand Solling B1 hingegen konnten Schwankungen zwischen 30% und 60% festgestellt werden (Abb. 27b). Beachtlich ist, dass sich Bäume mit über 60% Blattverlust wieder erholen konnten (s. BV39, BV116 der Abb. 27b). Diese **Schwankungsbreite von 25% - 30%** liegt im Bereich der **natürlichen** Belaubungsdynamik.

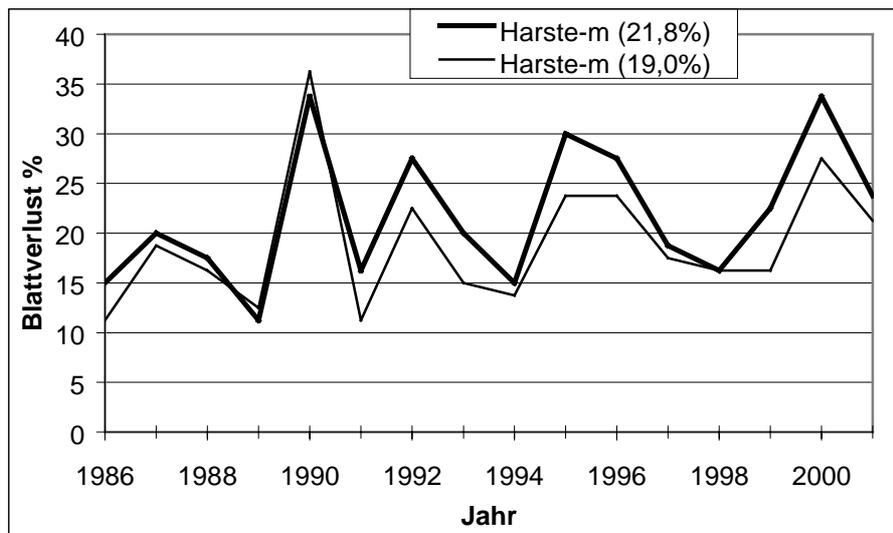


Abb. 27a: Mittlere Schwankungsbereiche (jeweils 4 Buchen) des Blattverlustes von 113 jährigen Buchen des Standortes Harste 78

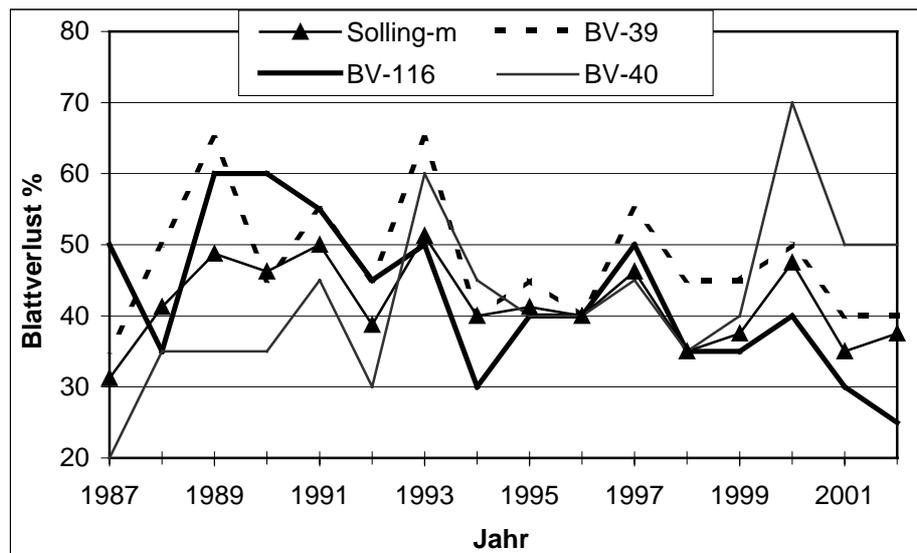


Abb. : 27b: Beispiele des Schwankungsbereichs des Blattverlustes von 154 jährigen Buchen des Standortes Solling B1

Auch die Entwicklung des Zuwachses (z. B. Radialzuwachs, s. Abb. 17) eines Bestandeskollektivs gibt einen Hinweis über den natürlichen Schwankungsbereich der „**Bestandesvitalität**“. Die in der Abbildung 17 dargestellten Fluktuationen der Mittelwertskurven des Radialzuwachses von 4 Level II Standorten zeigen, dass von Jahr zu Jahr sehr große Unterschiede im Zuwachs (Abweichungen von 57% - 63% zum Höchstwert) auftreten können, die letztlich nur durch den multiannualen Einfluss der Witterung (GRUBER 2002, 2004) und den daran gekoppelten Folgewirkungen (z. B. Fruktifikation, Insektenkalamitäten, Bodenzustand) bedingt werden, ohne dass im Zeitraum Vitalitätsverluste, z. B. durch Verminderung des Radialzuwachses, der Blattmassen oder der Fruchtmengen nachweisbar wären (s. Tab. 1 b – f, Abb. 32a – d).

### 3.7. Wertung der Roloff'schen Schad- und Vitalitätsstufen

Die Vitalität eines Baumes visuell ausschließlich nach dem Roloff'schen Triebblängen (Sprossachsen)-/Verzweigungsschema nach den 4 Vitalitätsstufen (V) mit V0: vitale ungeschädigte Buche, V1: geschwächte Buche (Spießform), V2: deutlich geschwächte Buche (Krallenform) V3: absterbende Buche, einzuschätzen, bringt keine besseren Interpretationsergebnisse als die visuelle Blattverlustschätzung, da erstens die Triebblänge von der Blattzahl abhängig ist (Trieb = Sprossachse + Blätter; s. Abb. 2), zweitens z. B. die Fruktifikation überhaupt nicht abgeschätzt werden kann und drittens wichtige bioindikatorische Blattmerkmale (Blattgröße, -farbe, -schäden etc.) nicht erfasst werden. Darüber hinaus beeinflussen Blüten- und Fruchtjahre die Triebblänge und Verzweigung wegen der Verschiebung des Lang-/Kurztriebverhältnisses hin zum Kurztrieb derart, dass sie im bestehenden Verzweigungsmuster nicht als bedeutsamer Vitalitätsindikator, sondern sogar als Schadfaktor gewertet sind. Nach neueren Untersuchungen kann die Buche alle 2 – 3 Jahre nennenswert fruktifizieren (WZE Hessen 2001 – 2003, WZB Niedersachsen 2002, s. Abb. 32a – d), ohne dass sie dabei an Vitalität einbüßt (GRUBER 2003). Stärkere Fruchtjahre bedeuten aber aufgrund der Konkurrenzregel (GRUBER 2003) Zuwachsreduktionen in der Triebblänge und in der Belaubung. Kurz geschaltete Fruktifikationen mit dazwischen erfolgten „Trockenjahren“ können ebenfalls zu Kurztriebabfolgen (Kurztriebketten) im Wipfelverzweigungssystem der Buche führen (s. GRUBER 2003, Abb. 7), was Roloff verkennt. Der große Einfluss der Fruktifikation auf das Verzweigungssystem und die Belaubung wird beim Roloff'schen Verzweigungsschema nicht berücksichtigt, was fehlerhaft ist. Außerdem ist diese Methode ebenfalls nur eine individuelle visuelle Schätzmethode, die einen weitaus geringeren Informationsgehalt enthält als die Schätzung der beblätterten Krone. Auf den wichtigen Indikator Blatt kann beim Biomonitoring keinesfalls verzichtet werden.

Des weiteren wird ebenso wie bei der Blattverlustschätzmethode die große **Fähigkeit der Buche zum Kronenumbau** nicht berücksichtigt, d. h., sich veränderten Standortbedingungen, z. B. infolge von Freistellung, Schädigung der Primärkrone oder Kronenkonkurrenz durch Neuaufbau (Neuanpassung) von licht- bzw. schattenadaptierten Sekundärkronen neu anzupassen bzw. zu regenerieren. Denn die Regenerationsfähigkeit (Regenerationsart, -kapazität, -stärke) ist für die Baumvitalität sehr bedeutsam (GRUBER 1986, 1988, 1992).

Im übrigen ist der Autor der Auffassung, dass die Roloff'schen Vitalitäts-/Schadstufen nur eine **differenzierte Darstellung einer Alterserscheinung**, also den **nach dem Schema des Schober'schen Ertragsklassenmodells in 4 Klassen aufgeteilten normalen Variationsbereich der Verzweigungsmuster** aus dem Alterstadium der Buche 100 – 150 Jahre beschreiben und keine Schadstufen im Sinne **neuartiger Buchenschäden** darstellen. Allein die Darstellung der aus 36 verschiedenen Standorten (Ertragsklassen sind hier nicht angegeben) zusammengetragenen 560 Baumwipfel 100 – 160 jähriger Buchen, welche genau zu je einem Viertel in die 4 VS-stufen mit jeweils 140 Bäumen aufgeteilt wurden, spricht

dafür. Auch bei einem jüngeren ca. 80jährigen Buchenbestand wurden die 33 untersuchten Buchenwipfel zu jeweils einem Drittel in die VS 0 – 2 aufgeteilt. Die VS 2 und 3 kamen dort offensichtlich gar nicht vor; die VS 3 ist überhaupt nicht aufgeführt und bei der VS 2- kurve ist die mehrjährige Kurztriebkettenbildung nicht ersichtlich. Wenn es sich bei dem Roloff'schen System um echte Vitalitäts-/Schadstufen handeln sollte, wieso fehlen dann quasi die VS2 und VS3 in jüngeren Buchenbeständen unter 80 Jahre, obwohl diese Bestände doch genau so stark belastet sind wie die älteren Buchenstandorte?

Berechnet man die Mittelwertskurve der Roloff'schen Vitalitätsstufenkurven seiner 560 untersuchten 100 – 160 jährigen Buchen (s. ROLOFF 1986: Abb. 75, Seite 134), welche ja die Grundlage seines Vitalitätsstufenschlüssels (ROLOFF, 1986: Abb. 32-36, S. 72, 73; Abb. 71, S. 125 und Abb. 79 – 82, S. 140 – 141) bildet, und vergleicht diese mit den Schober'schen Mittelwertskurven der Buche der I. – IV. Ertragsklasse (hier ohne den Variationsbereich dargestellt, Schober, 1975), die ja Roloff (1986) selbst vergleichend heranzieht, so ergibt sich für die Buche im Alter von 110 – 145 für den mit dem Faktor 1,1 multiplizierten Höhenzuwachs (nach ROLOFF etwa gleichzusetzen mit dem Längenzuwachs der Stammachse oder Kronenwipfel) das in der Abbildung 28 dargestellte Bild. Danach liegt die Mittelwertskurve der Roloff'schen VS-kurven voll im Bereich der I - III Ertragsklasse.

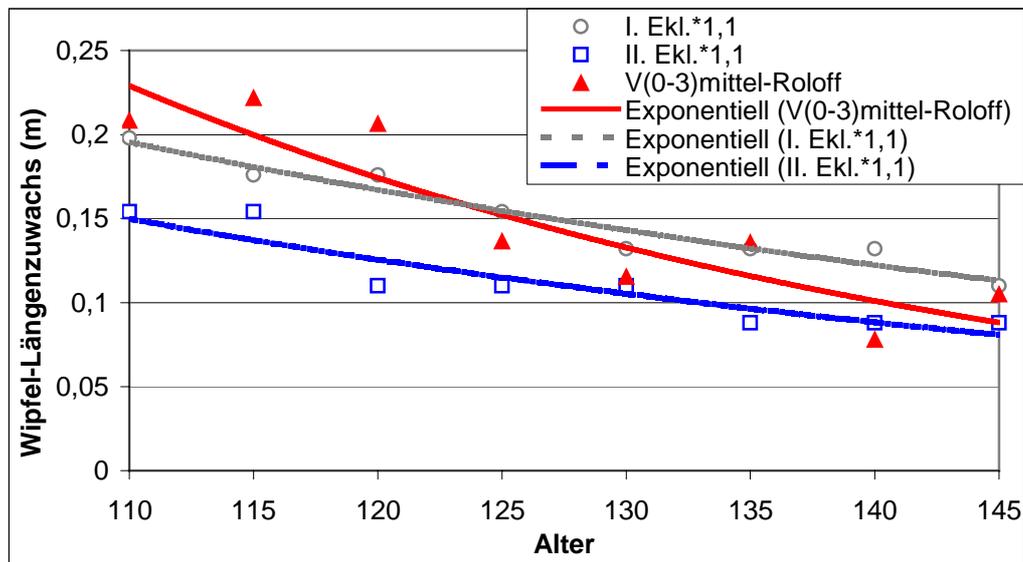


Abb. 28: Vergleich der Roloff'schen Mittelwertskurve seiner 560 untersuchten Bäume mit den jährlichen Wipfellängenzuwächsen ( $LZ = 1,1 \cdot HZ$ : nach Roloff) der Schober'schen Ertragstafelkurven

Im übrigen wird darauf hingewiesen, dass ROLOFF (1986, Abb. 35, 36) die in den VS 2 und 3 schematische beschriebenen, mindestens 6 bis 15 jährigen Wipfelkurztriebketten nicht durch sein Datenmaterial belegen kann. Denn in den Abbildungen 75, 79 – 82, 83 seiner Dissertation sind diese Kurztriebketten (ein Kurztrieb ist 0,5 – 1,5 cm lang) bei den VS2- und VS3-kurven in den letzten 5 – 15 Jahren nicht abgebildet. Denn dort sind in diesem Zeitraum Längenzuwächse zwischen 1 cm und 10 cm, im Mittel 4,7 cm angegeben, also überhaupt keine Kurztriebketten (mehrjährige Abfolge von 1 cm – 1,5 cm langen Kurztrieben).

Die Vorstellung bzw. Definition der Baumvitalität nach Roloff (1986), wonach abnehmende Triebblängen im ontogenetischen Verlauf (z. B. nach Überschreitung der Höhenzuwachskulmination) bereits eine abnehmende Vitalität des Einzelbaumes bedeuten, also die Trieblänge mit Vitalität gleichgesetzt wird (s. Vitalitätsstufen), ist baubiologisch nicht sinnvoll und nachvollziehbar. Auch unter optimalen Umweltbedingungen wird der

Baum nach seinem ontogenetischen Höhenzuwachs-gesetz (bauminterne Veränderungsgesetze) dem Kurvenmuster in der Abbildung 1 folgen. Damit kann nach biologischem Verständnis der Baum in jedem Punkt der Kurve den Vitalitätsfaktor 1 besitzen, sofern Degenerationserscheinungen ausgeschlossen sind. Die Einschätzung des Baumzustands an nur einem Merkmal kann somit nur im Vergleich mit dem entsprechenden Wert der Optimalkurve erfolgen (s. GRUBER 1992). Ein Baumerkmal allein ist für die Vitalitätsbeurteilung aber nicht ausreichend. Nimmt man z. B. den Volumenzuwachs als bedeutend aussagekräftigeres Vitalitätskriterium, welcher bekanntlich erst Jahrzehnte nach dem Höhenzuwachs kulminiert, ergeben sich Widersprüche, welche aus einer zu starken Simplifizierung der Vitalitätsbeschreibung und des Vitalitätsverständnisses heraus entstehen.

### 3.8. Vorschläge von einfachen Buchen-Kronenvitalitätsindizes $V_k$ auf Bestandesebene

#### 3.8.1. $V_k$ aufgrund von Blatt- und Fruchtmassen.

Sicherlich beschreibt die „Blattverlustkurve“ eines Bestandes oder Bundeslandes der älteren Buche in gewisser Weise eine Blattverlustdynamik, sie verfehlt bzw. verfälscht aber die tatsächliche Vitalität unserer, insbesondere älteren Buchenbestände in unbefriedigendem Ausmaß, wie die dargestellten Beispiele belegen. Betont hervorzuheben ist, dass

1. der „Blattverlust“ der älteren Buche **häufig unterschätzt** und **stets überschätzt** wird (s. Abb. 1 - 10)
2. die Fruktifikation als Vitalitätsmerkmal nicht in der Blattverlustkurve berücksichtigt wird; aufgrund ihres hohen Energiebedarfs kann die fruktifizierende Krone in ihrer Belaubung (konkurrierende Bauelemente der Krone) reduziert werden: Folge ist eine höhere Blattverlustschätzung (Herausschätzung des Fruchtbehangs), welche sich in der mittleren Blattverlustkurve des WZB niederschlägt. Bei sehr starker Fruktifikation der Buche (Stufe 3) kann nach NFV (2000, 2002), GRUBER (2003) der mittlere Blattverlust um ca. 20% erhöht werden (s Kap. 3.4.6.). Für die Buche in Hessen im Jahr 2000, in dem ebenfalls ein starkes Fruchtjahr auftrat, müsste zur korrekten Darstellung der Vitalität, die dort ausgewiesenen 36 % Blattverlust (s. Abb. 19) um bis zu 15 – 20 % korrigiert werden. Auch für die anderen Fruchtjahre müsste eine entsprechende Korrektur erfolgen. Denn starke Fruktifikationen weisen i. d. R. auf eine sehr hohe Vitalität hin, so dass der **Fruchtbehang mindestens als Blattmasseäquivalent** (verbraucht nur und produziert nicht wie die Blätter Assimilate) zu betrachten ist und entsprechend in die Blattverlustkurve eingerechnet werden muss, sofern diese den Vitalitätsverlauf eines Bestandes symbolisieren bzw. charakterisieren soll.
3. der **Alterstrend** (ontogenetische Entwicklungstrend des Blattverlustes unberücksichtigt bleibt).

Wegen der Nichtbeachtung der Fruktifikation bei der Buche sind auch die WZB fehlerhaft. Im WZB Niedersachsen (2000) wird mitgeteilt: „Besonders einschneidende Veränderungen sind in diesem Jahr (2000) im Kronenzustand der Buche eingetreten: Insgesamt stieg der **Anteil deutlicher Schäden** (der Buche von 24%) auf 43% an.“ Im WZB des BMVEL (2000) heißt es: „Die Buche weist nach einem Anstieg um 8% Punkte auf 40% gegenüber dem Vorjahr ihren **höchsten Flächenanteil deutlicher Schäden** im Beobachtungszeitraum (seit 1983) auf.“ Sachsen-Anhalt (2000) meldet: „Die gravierendsten Veränderungen vollzogen sich bei der Buche. In der Summe aller Altersbereiche nahm der **Anteil deutlich geschädigter Buchen** von 26 % im Vorjahr auf 51 % in diesem Jahr zu.“

Offensichtlich wird hier die Fruchtbildung, die ja den „Blattverlust“ 2000 maßgeblich erhöhte, als Schadensfaktor behandelt, was den Vitalitätszustand der Buche 2000 völlig verkehrt. Denn tatsächlich wies die Buche im Jahr 2000 eine hohe Vitalität auf, ohne die sie ja nicht hätte fruktifizieren können (s. Abb. 29).

In den Abbildungen 29a, b kommt dies zum Ausdruck, indem hier die Kronenbiomassen als Summe aus Blattmasse BM und Fruchtmasse (Nussfrüchte FM + Cupulaemasse CM) von den Level II-Standorten in Niedersachsen und Rheinland-Pfalz aufgezeigt sind. Auch 1995 zeigten die Buchen auf den drei Level II-Flächen infolge einer starken Fruktifikation eine hohe Vitalität. Wenn man aber bei der Beurteilung des Waldzustandes dieser Flächen nur die Blattmasse oder die Zuwächse (Jahresring, Trieblänge) heranzöge, wie dies bei den WZB geschieht, ergäben sich aufgrund des konkurrierenden Bauelements „Blüten, Früchte“ in diesen Jahren 1995 und 2000 niedrige Vitalitätswerte, welche aber nicht den biologischen Tatsachen entsprechen.

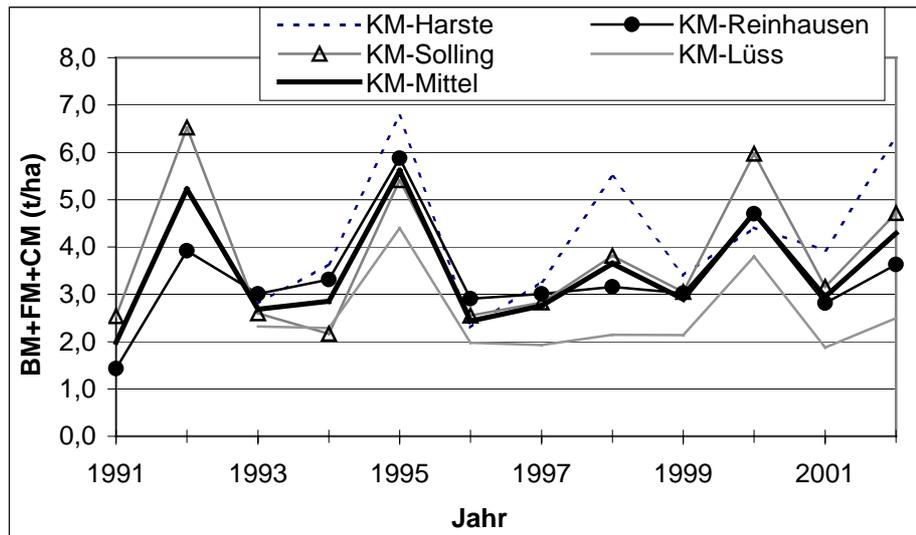


Abb. 29a: Entwicklung der Kronenbiomassen (BM + FM +CM) aus der Summe der Blatt- und Fruchtmassen von drei Level II-Standorten in Niedersachsen

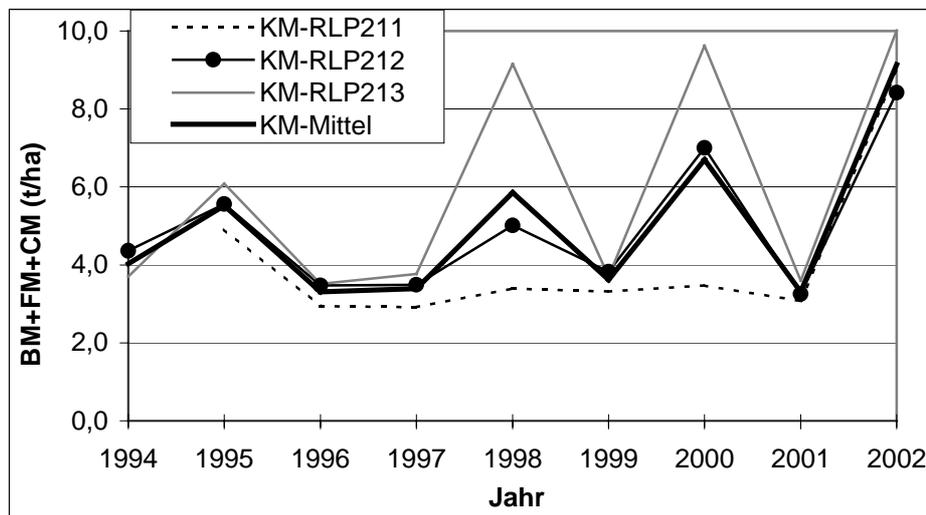


Abb. 29b: Entwicklung der Kronenbiomassen (BM + FM +CM) aus der Summe der Blatt- und Fruchtmassen von drei Level II-Standorten in Rheinland-Pfalz

Ein einfacher **eingeschränkter Bestandes-Kronenvitalitätsindex** (Faktor oder Prozent), der sowohl die jährlichen Blattmengen als auch die Fruchtmengen mit Blattmassebezugsbasis  $BM_{max}$  (aus mindestens 10 Jahren) berücksichtigt und sich insbesondere aufgrund des Datenvorlaufs für die Level II Flächen eignet, lässt sich wie folgt darstellen:

$$6) V_k = (FM+BM)/BM_{max} * 100 (\%)$$

$V_k$  = bestandesbezogener Kronenvitalitätsindex, FM = Fruchtmasse (t/ha), BM = BM (t/ha),  $BM_{max}$  = maximal gemessene Blattmasse am Standort (t/ha) aus einem größeren Zeitraum.

In den Abbildungen 30 a, b sind die Kronenvitalitätsverläufe von 4 Level II- Standorten in Niedersachsen zwischen 1992 und 2002 und von 3 Level II- Standorten in Rheinland-Pfalz zwischen 1994 und 2002 dargestellt. Die 100 % Marke (V100-Marke, rote Linie) kennzeichnet die mögliche Vollbelaubung des Bestandes. Werte oberhalb 100 % geben Auskunft über die Fruktifikation. Diese „über 100 %-Werte“ werden hier aus biologischer Sicht dem hohen Baustoffbedarf der Blüten und Früchte gerecht und sind als voll vital einzustufen. Gleichzeitig weisen sie (konkurrierende Bauelemente) aber auch auf mögliche Defizite bei anderen Zuwächsen hin, z. B. Verringerung des Radial- und Holzvolumenzuwachses, Blattmassezuwachses oder auch Feinwurzelmassezuwachses (Konkurrenzregel, s. Gruber 2003). Werte unterhalb von 100 % sind als Vitalitätsdefizite der Krone zu beurteilen.

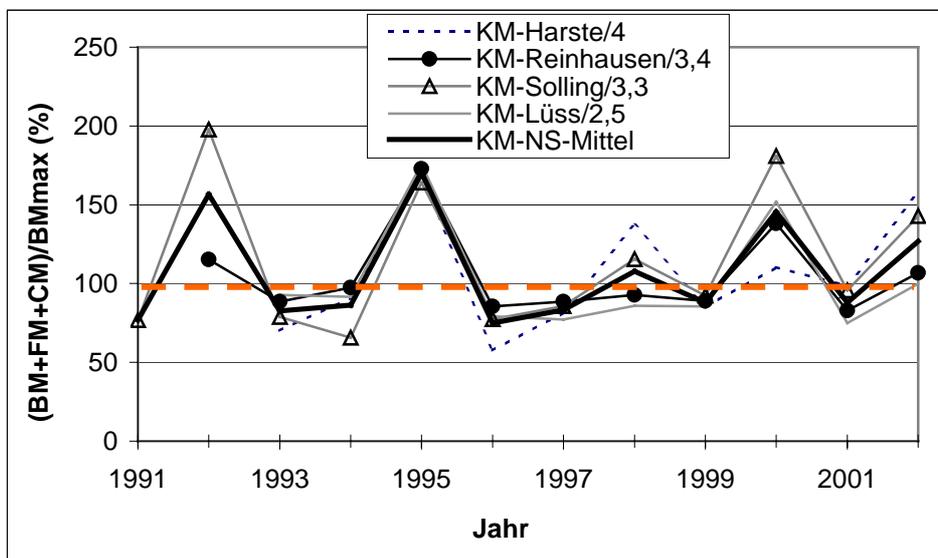


Abb. 30a: Einfache auf Blatt- und Fruchtmassen basierte Kronenvitalitätskurven von 3 Level II-Standorten in Niedersachsen zwischen 1992 und 2002.

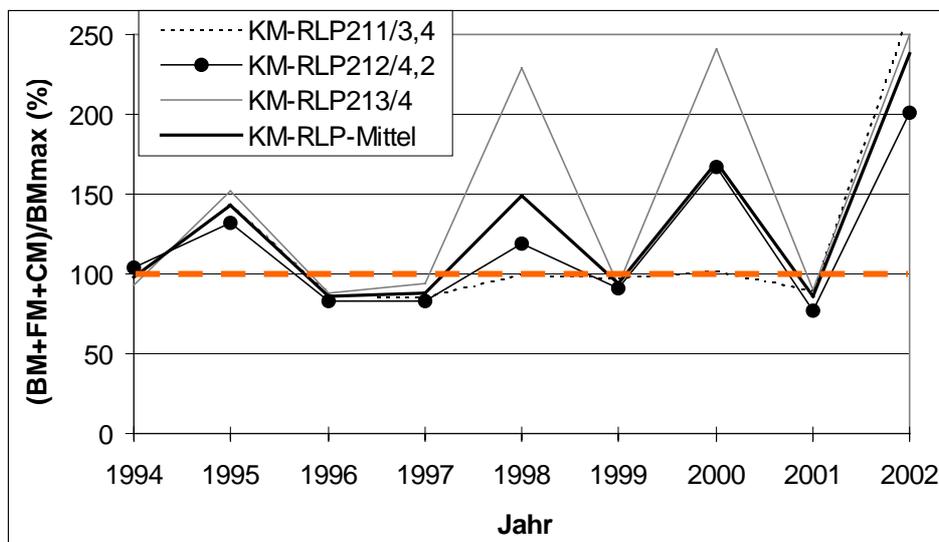


Abb. 30b: Einfache auf Blatt- und Fruchtmassen basierte Kronenvitalitätskurven von 3 Level II-Standorten in Rheinland-Pfalz zwischen 1994 und 2002.

Die Definition des oben vorgestellten  $V_k$  ist sinnvoll, da dieser auch auf jüngere, noch nicht fruktifizierende Bestände angewendet werden kann. Denn in einem optimalen Wachstumjahr ohne Blüte und Fruktifikation müssen sowohl vollbelaubte jüngere Buchenbestände und vollbelaubte ältere Bestände den  $V_k$ -wert 100% erreichen können. Dass dann in einem optimalen Wachstumjahr mit Blüte und Fruktifikation der nahezu vollbelaubte ältere Buchenbestand zusammen mit der Fruchtmenge einer höheren – zumindest aber keiner niedrigeren - Vitalität zuzurechnen ist als der nicht fruktifizierende vollbelaubte Jungbestand, erscheint logisch, sofern seine Kronenbiomasse (Frucht- und Blattmasse zusammen) höher ist als im Jungbestand. Zudem konnte der Autor nachweisen, dass die Fruktifikation keine negativen Auswirkungen auf den Längen- und Radialzuwachs im Folgejahr zeigt („Egalitätsregel“: s. Abb. 26c, GRUBER 2003). Trotzdem muss aber auch auf einen wohlmöglich durch die Fruktifikation hervorgerufenen „Vitalitätsverlust z. B. im Holz- oder Triebblängenzuwachs“ hingewiesen werden, sodass der „erhöhte Kronenvitalitätsindex“ durch verminderte Allokation im Dicken-, Sprosslängen- oder Feinwurzelzuwachs mehr oder weniger „neutralisiert bzw. kompensiert“ wird. Die Bezeichnung „einfacher eingeschränkter“  $V_k$  soll zumindest darauf hinweisen, dass auch mit diesem Parameter nicht die Genauigkeit der in den Formeln 2 und 3 beschriebenen  $V_{k_x}$  erreicht wird. Aus diesem Grund ist die Vitalitätsbeschreibung jüngerer Buchenbestände so wichtig, weil diese noch nicht von derart einschneidenden bauminternen Gesetzmäßigkeiten, wie z. B. der Blüte und Fruktifikation, betroffen sind, wie ältere Bäume, wodurch die Vitalitätsbeurteilung komplizierter wird. In Verbindung mit der Entwicklung des Radialzuwachses (s. Kap. 3.8.2) ist aber der  $V_k$  eines Baumkollektivs/-bestandes ein sehr guter Bioindikator.

In der Abbildung 30 c sind der Übersicht halber die Mittelwertskurven der behandelten Level-II-Flächen von Niedersachsen und Rheinland-Pfalz aufgeführt. Aufgrund der Mittelwertbildung verengt sich gegenüber den Abbildungen 30a, b der Streubereich, der sich bei noch größerer Flächenanzahl weiter verengen würde. Die Vitalitätsdefizite von maximal 20% (NS-Standorte 1996) im untersuchten Zeitraum erscheinen realistisch und sind dem natürlichen Schwankungsbereich zuzurechnen. Im übrigen stimmen sie z. B. sehr gut mit den Werten der korrigierten Belaubbungskurve von Hessen (berechnet aus  $100\% - BV\%Korr = BL\%Korr$ ) der Abbildung 19b überein.

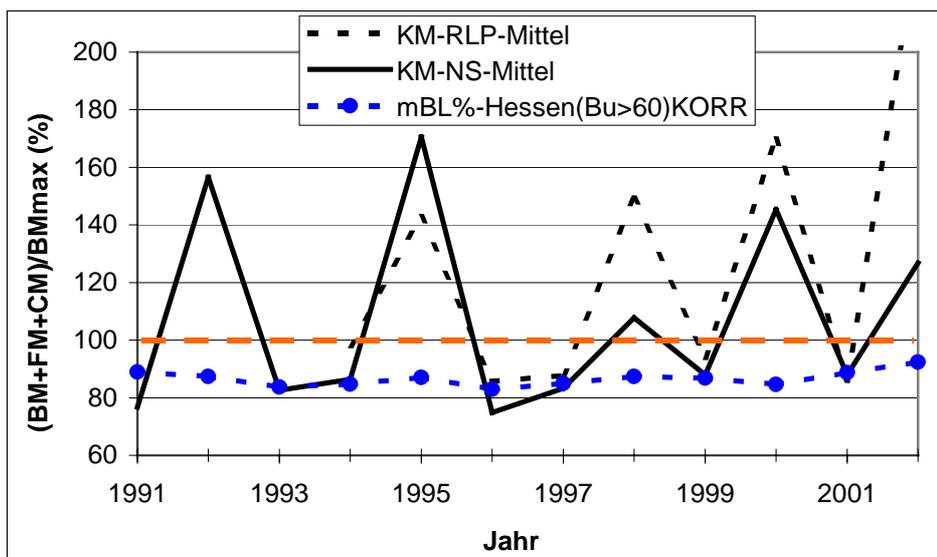


Abb. 30c: Einfache auf Blatt- und Fruchtmassen basierte **mittlere Kronenvitalitätskurven** von 3 Level II-Standorten in Rheinland-Pfalz und 4 Level II Flächen in Niedersachsen zwischen 1993 und 2002. (die blaue bzw. durchgehende feine Linie beschreibt die korrigierte Belaubbungsprozentkurve von Hessen (s. Abb. 19b)

Die in den Abbildungen 31a – 31c übersichtlich dargestellten Kronenvitalitätsdiagramme beschreiben auf der Grundlage der Biomassen die prozentualen mittleren Blatt- und Fruchtmassen bezogen auf die im Untersuchungszeitraum maximale Bestandesblattmasse. Diese Abbildungen verdeutlichen eine seit 1993 zunehmende Besserung der untersuchten Level II Standorte. Volle Vitalität zeigten die Buchenstandorte 1995, (1998), 2000 und 2002. Aufgrund neuerer Untersuchungen des Autors (GRUBER 2003, 2004) wird die Belaubung und Fruktifikation über den **multiannualen Witterungseinfluss** bestimmt, so dass sich die „Vitalitätsdefizite“ vorwiegend im Rahmen der natürlichen Witterungseinflüsse mit den entsprechenden Folgewirkungen bewegen.

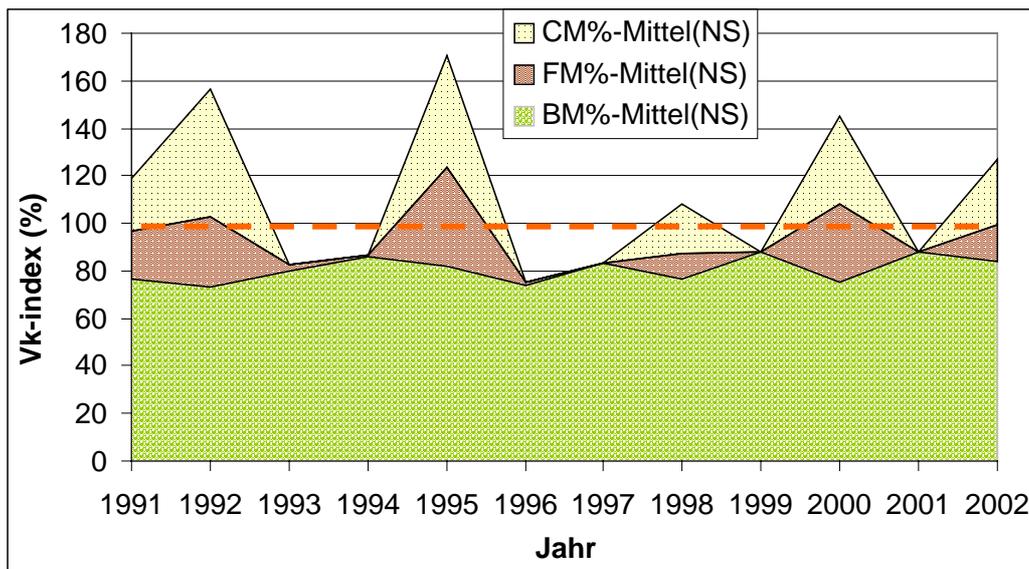


Abb. 31a: Kronenvitalitätsdiagramm mit mittleren prozentualen Blattmassen und Fruchtmassen von **4 Level II Standorten in Niedersachsen NS** zwischen 1993 und 2002

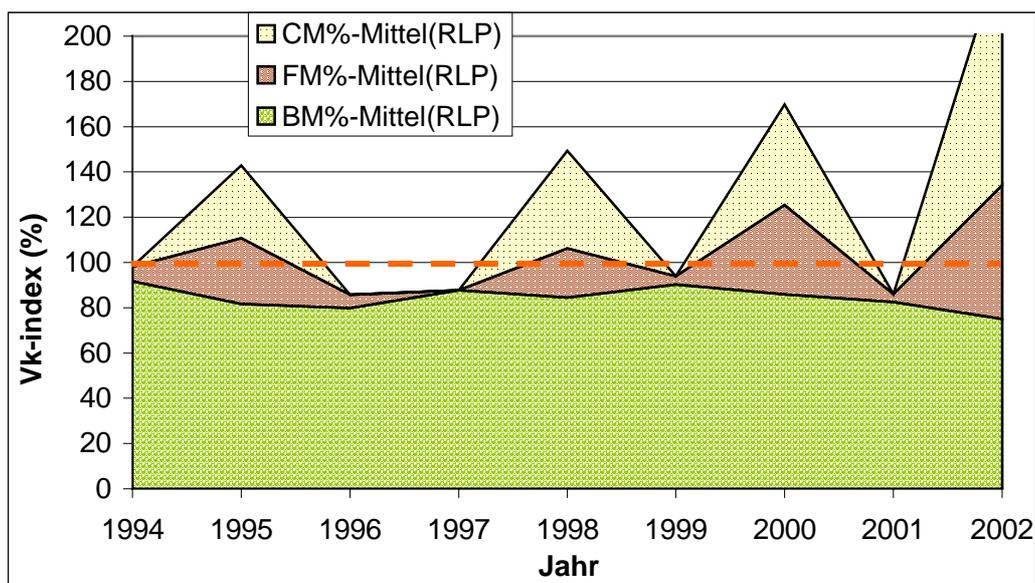


Abb. 31b: Kronenvitalitätsdiagramm mit mittleren prozentualen Blattmassen und Fruchtmassen von **3 Level II Standorten in Rheinland-Pfalz RLP** zwischen 1994 und 2002

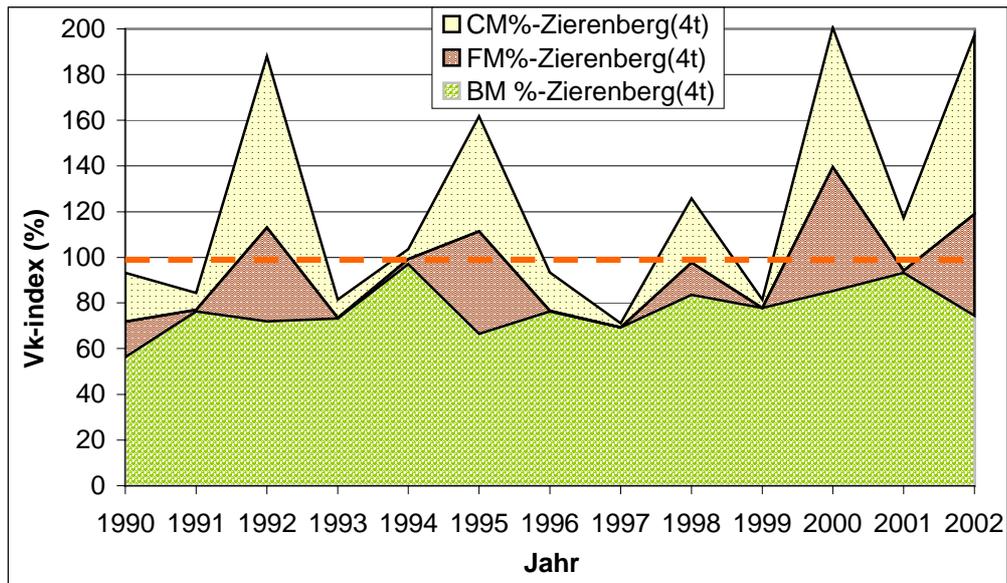


Abb. 31c: Kronenvitalitätsdiagramm mit prozentualen Blattmassen und Fruchtmassen vom Level II Standort Zierenberg zwischen 1990 und 2002

### 3.8.2. Kombierter V<sub>k</sub> aufgrund von Blatt- und Fruchtmassen sowie des Radialzuwachses.

In Anlehnung an das Kap 3.2.1. erscheint ein Vitalitätsindex sinnvoll, der sich an Werten mehrerer Baummerkmale über einen bestimmten Zeitraum  $x$  orientiert. Als geeignete Parameter für die Krone und im Leitsystembereich dienen dabei die Blattmasse BM, die Reproduktionselementmasse (Nussfrüchte FM + Cupulae CM) und der Radialzuwachs RZW. Sie lassen sich sinnvoll zu folgendem Vitalitätsindex kombinieren:

$$V_{k_x} = \frac{[RZW/RZW_{\max} + BM/BM_{\max} + FM/BM_{\max} + CM/BM_{\max}]}{[RZW/RZW_{\max} + BM/BM_{\max}]_{\max}} \quad (\text{in } \%)$$

In den folgenden Abbildungen 32a – 32d sind die Vitalitätsindizes in Form von prozentualen Vitalitätsflächendiagrammen für die Level II-Standorte Zierenberg 38A, Solling B1, Reinhausen 166 und Harste 78 in einem bestimmten Zeitraum soweit aufgeführt, soweit BM-, FM- und RZW-daten vorhanden waren.

Die untere Kurve beschreibt den Verlauf des Radialzuwachses, wobei die Kurvenspitzen den  $RZW_{\max}$  kennzeichnen. Die 2. Kurve beschreibt die Blattmasse, welche der RZW-kurve aufsitzt. Die 3. und 4. Kurven kennzeichnen die Reproduktionselementmasse, welche getrennt nach Fruchtmasse FM (Bucheckern) und Cupulaemasse CM (Fruchtbecher) dargestellt ist. Die oberste Kurve ist gleichzeitig die Gesamtvitalitätskurve.

Bei V<sub>k</sub> 100% sind die Bestände als voll vital (100% vital) einzustufen. Werte darunter sind Vitalitätsdefizite, die bis V<sub>k</sub> 75% im Rahmen des natürlichen Schwankungsbereiches liegen. Werte darüber sind als supravital zu bezeichnen, die nur durch starke Fruktifikationen oder Mastjahre erreicht werden können.

Der Vorteil dieser Vitalitätsflächendiagramme liegt auf der Hand:

1. Sie basieren auf den (zwei bzw.) drei wesentlichen Vitalitätselementen Radialzuwachs RZW, Blattmasse BM und Fruktifikationsmasse FM+CM. Sie beruhen somit auf keinen Schätzwerten, sondern auf objektiv erfassten Messwerten.
2. Eine 100%-Vitalität kann allein durch die Summe aus dem BM% und RZW% erreicht werden: für Zierenberg 38A war dies im Jahr 1994, für Solling B1 in den Jahren 1997 und 1999, für Reinhausen 166 im Jahr 1999 und für Harste 78 im Jahr 2001 der Fall.

3. Aufgrund der starken Fruktifikationen in den Jahren 1992, 1995, 2000 und 2002 weisen die Standorte meist einen supravitalen Zustand auf.
4. Die Ursachen der **Einbrüche im Radialzuwachs** können sofort aus den Diagrammen abgelesen werden. Die Zuwachssenken in den Jahren 1992, 1995, 1998, 2000 und 2002 sind primär auf die starken Fruktifikationen zurückzuführen. Die Zuwachssenken (1993), 1996 hingegen müssen primär auf andere Ursachen (z. B. ungünstiger multiannueller Witterungseinfluss) zurückgeführt werden.
5. Die **Radialzuwachs**gipfel 1994, 1997, 1999 und 2001 können auf günstige multiannuelle Witterungsindizes zurückgeführt werden, da in diesen Jahren auch die Blattmassen meist überdurchschnittlich hoch waren (s. Tab. 1c).
6. Anhand der FM% können sofort die **Mastjahre** (1992, 1995, 2000, 2002) abgelesen werden.

Nach diesen kombinierten Kronenvitalitätsdiagrammen weisen die starken Fruchtjahre in den Jahren 1992, 1995, 1998, 2000 und 2002 auf die sehr große Vitalität der untersuchten Buchenbestände hin. Auch andere ältere Buchenbestände dürften in diesen Jahren eine ähnlich hohe Vitalität zumindest in den Regionen der Untersuchungsbestände aufgewiesen haben. In den Waldzustandsberichten werden aber gerade diese Jahre als die Jahre mit den höchsten Schäden bei der älteren Buche (Bu > 60 Jahre) ausgewiesen, was nicht richtig ist. Vergleicht man dazu die z. B. die mittlere Blattverlustkurve der jüngeren Buche (Buche < 60 Jahre) von Hessen, so zeigen diese gerade in diesen Jahren die geringsten „Blattverluste“ (s. Abb. 33). Damit deckt sich zumindest in der Interpretation der Vitalitätszustand der nach dem „Blattverlust“ bemessenen jüngeren Buche in Hessen (Bu < 60 Jahre) mit dem hier vorgestellten Vitalitätsindex  $V_k$  der älteren Buche.

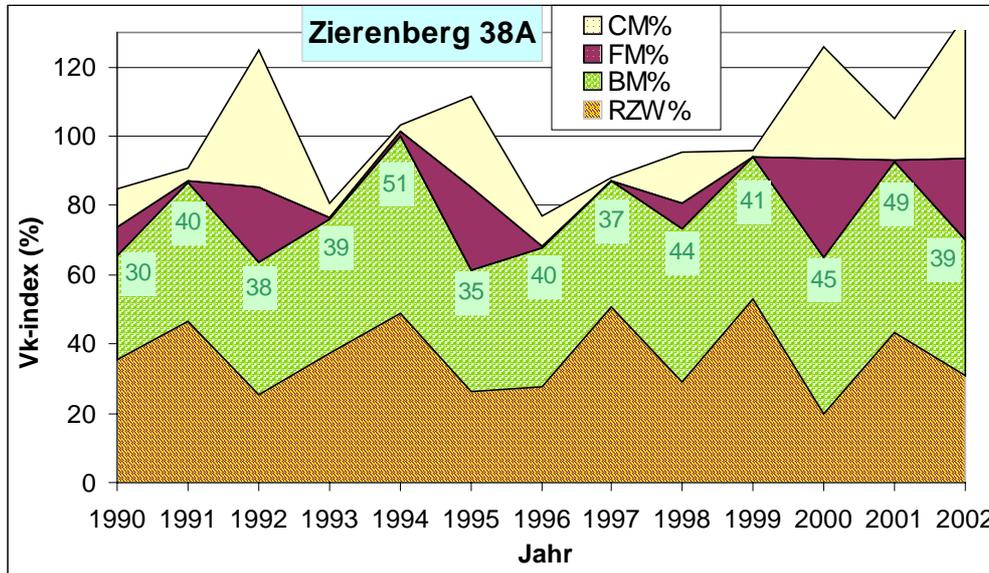


Abb. 32a: Kronenvitalitätsdiagramm mit prozentualen Blattmassen, Fruchtmassen sowie Radialzuwachs vom Level II Standort Zierenberg 38A zwischen 1990 und 2002

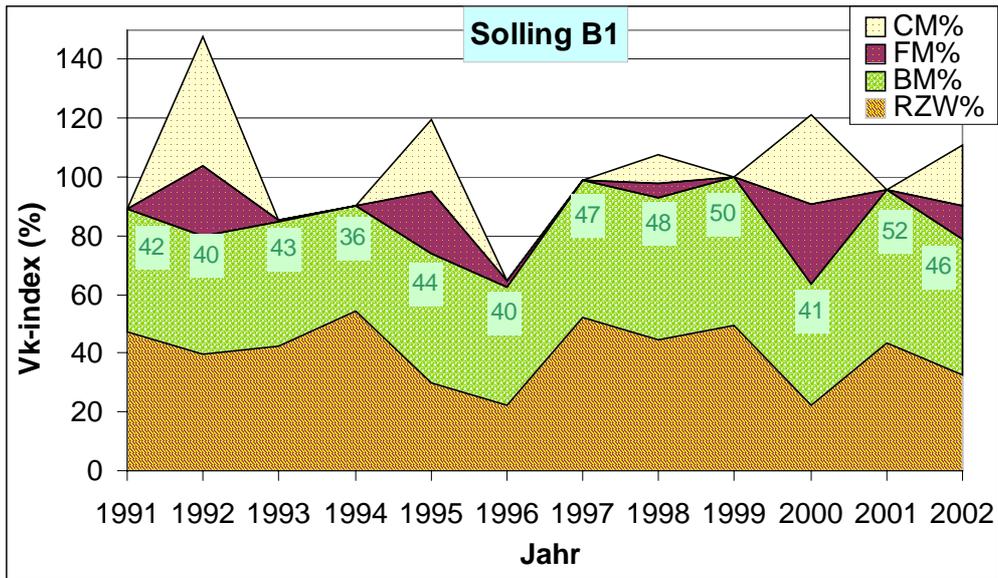


Abb. 32b: Kronenvitalitätsdiagramm mit prozentualen Blattmassen, Fruchtmassen sowie Radialzuwachs vom **Level II Standort Solling B1** zwischen 1991 und 2002

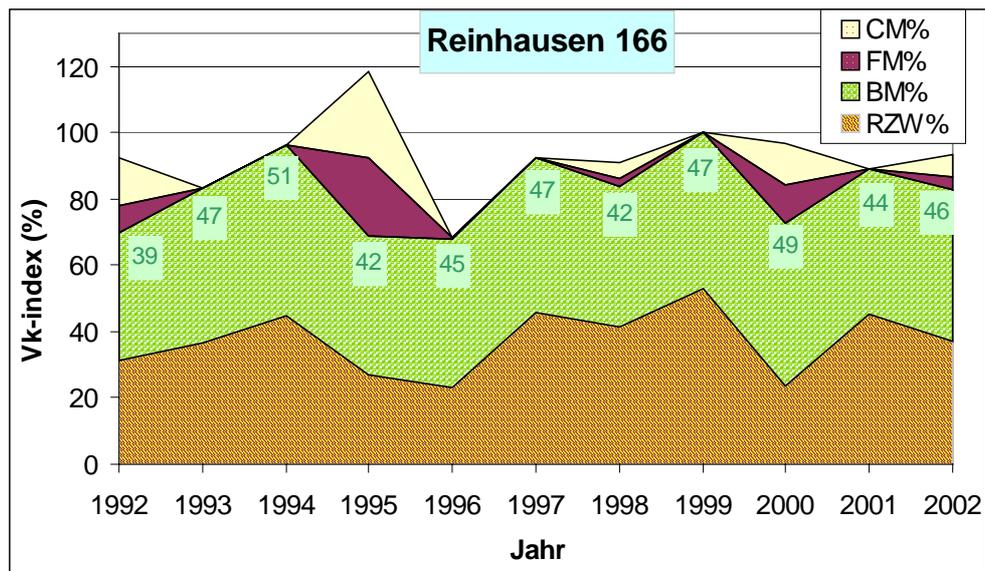


Abb. 32c: Kronenvitalitätsdiagramm mit prozentualen Blattmassen, Fruchtmassen sowie Radialzuwachs vom **Level II Standort Reinhausen 166** zwischen 1992 und 2002

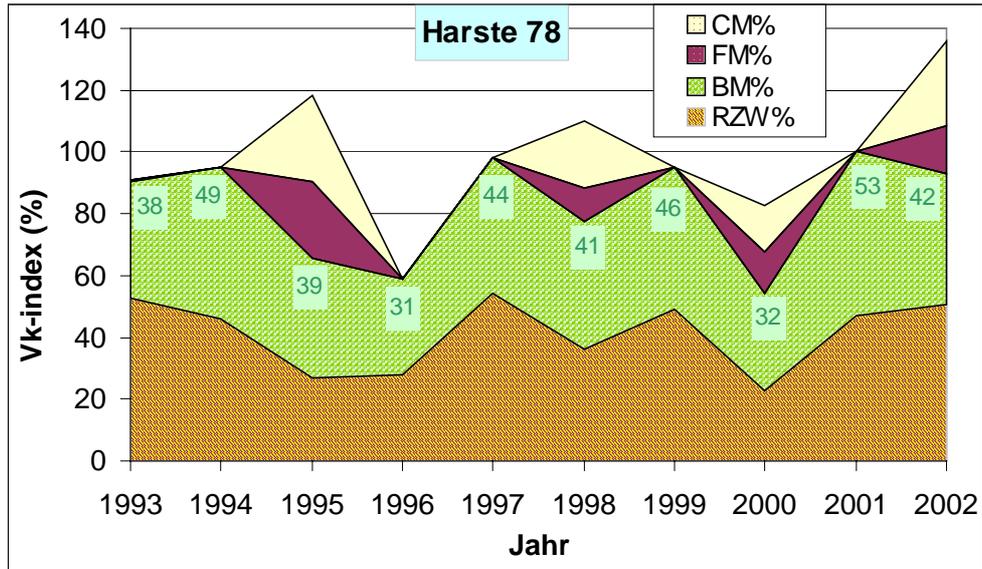


Abb. 32d: Kronenvitalitätsdiagramm mit prozentualen Blattmassen, Fruchtmassen sowie Radialzuwachs vom **Level II Standort Harste 78** zwischen 1993 und 2002

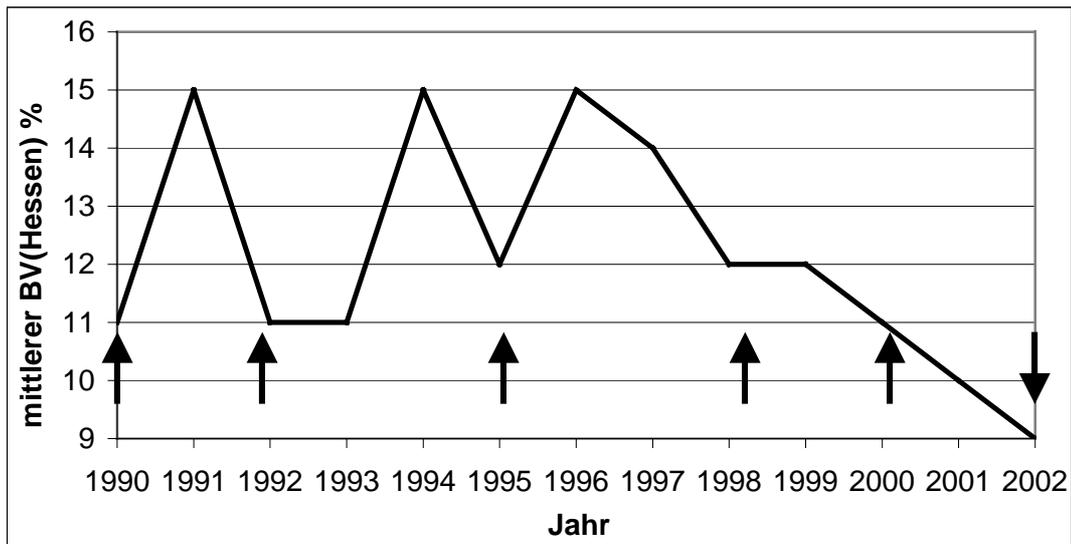


Abb. 33: Mittlere Blattverlustkurve der jüngeren Buche (Bu < 60 Jahre). In den starken Fruchttjahren der älteren Buche (1990), 1992, 1995, 1998, 2000 und 2002 zeigen die jüngeren Buchen (Bu < 60 Jahre) geringe „Blattverluste“, was auf den guten Zustand der Buche in diesen Jahren hinweist

### 3.9. Die Herleitung der Sprossmassen (Trockengewichte der Sprossachsen mit Knospen)

Gemäß der Symmetrieformel 2 wäre es wünschenswert, möglichst viele Parameter zur Einschätzung der Vitalität zur Verfügung zu haben. Die Erfassung der Sprossmassen (Sprossachsenmasse SM + Knospenmasse KM) ist sehr schwierig, kann aber aufgrund von

Blatt-Spross-Beziehungen annähernd auf Bestandesebene hochgerechnet werden. Dazu sind Spross- und Blattdaten notwendig, welche von zwei Standorten (Standort 1; Stadforstamt Göttingen, Abt 25d: 89 jährige Buche auf Kalk; Standort 2, Realgemeinde Nörten Abt 1: ca. 120 jährige Buche auf Buntsandstein) im Dezember 2003 gesammelt und analysiert worden sind (Tab. 3 – 5). Die Blattproben wurden im August/Dezember 1973 von den Standorten Harste 78, Lüss, Solling B1 und Reinhausen 166 genommen. Es konnten durchschnittliche Blatttrockengewichte zwischen 0,1485 g und 0,2040g festgestellt werden (Tab. 3). Aus den Blattmassen der Tabelle 1c und dem durchschnittlichen Blattgewicht lässt sich die Bestandesblattzahl (n/ha) berechnen (Tab. 3), vorausgesetzt, dass das durchschnittliche Einzelblattgewicht über die Jahre konstant bleibt.

Tab 3: Durchschnittliche Blatttrockengewichte und geschätzte Blattzahlen verschiedener Standorte (<sup>v</sup> s. Tab. 1c)

Standort	Harste 78	Harste 78	Lüss	Solling B1	Reinh 166
n	350	300	300	900	300
<b>Blattmasse 2002 (t/ha)<sup>v</sup></b>	<b>3,14</b>		<b>2,17</b>	<b>2,78</b>	<b>2,94</b>
<b>Blatt-TG (g) 2003</b>	<b>0,1604</b>	<b>0,2040</b>	<b>0,187</b>	<b>0,1485</b>	<b>0,1570</b>
<b>Blattzahl (n/ha) 2002</b>	<b>19,6 * 10<sup>6</sup></b>	<b>15,4 * 10<sup>6</sup></b>	<b>11,6 * 10<sup>6</sup></b>	<b>18,7 * 10<sup>6</sup></b>	<b>18,7 * 10<sup>6</sup></b>

Die Triebe vom Standort 2 zeigten zahlreiche kräftige Blütenknospen, welche auf ein reiches Blütejahr 2004 schließen lassen.

Tab. 4: Sprossparameter des Standortes Göttingen 25 d (89 jährige Buche)

Triebzahl n	34	12	19	28	35	20	17	17	3
Trieblänge cm	1,36	7,50	13,03	17,68	22,44	27,6	31,74	37,50	45,50
S-Knospen n	0	2,67	4,11	4,64	5,21	5,80	5,76	6,47	7,33
Gesamtknos. n	1	3,67	5,11	5,64	6,21	6,80	6,76	7,47	8,33
Triebgew. g	0,137	0,393	0,779	0,949	1,488	1,866	2,310	3,196	5,443
Knospengew. g	0,090	0,198	0,334	0,319	0,405	0,455	0,514	0,586	0,683
Sprossachsg. g	0,047	0,195	0,445	0,63	1,083	1,411	1,805	2,610	4,760

Tab. 5: Sprossparameter des Standortes Nörten 1 (120 jährige Buche)

Triebzahl n	63	30	52	22	9
Trieblänge cm	1,50	2,98	7,17	12,18	17,34
S-Knospen n	0	1,56	3,15	4,22	5,11
Gesamtknos. n	1	2,56	4,15	5,22	6,11
Triebgew. g	0,208	0,517	0,910	1,50	2,00
Knospengew. g	0,151	0,334	0,514	0,764	1,151
Sprossachsg. g	0,057	0,176	0,395	0,727	0,841

In der Abbildung 33 ist die Beziehung zwischen mittleren Trieblänge (bis 30 cm bzw. 20 cm) und Sprossgewicht (SM + KM) für die zwei Standorte dargestellt.

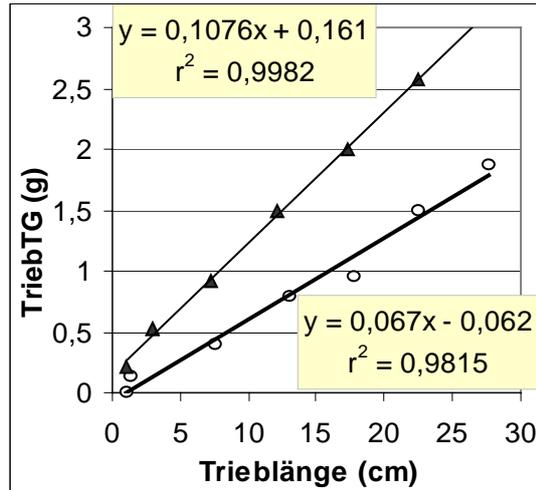


Abb. 33: Zusammenhang zwischen Trieblänge und Triebgewicht (Sprossachse + Knospen) in einem ca. 80jährigen und 120 jährigen Buchenbestand (Kreise: Standort Göttingen 25d, Dreiecke: Standort Nörten 1)

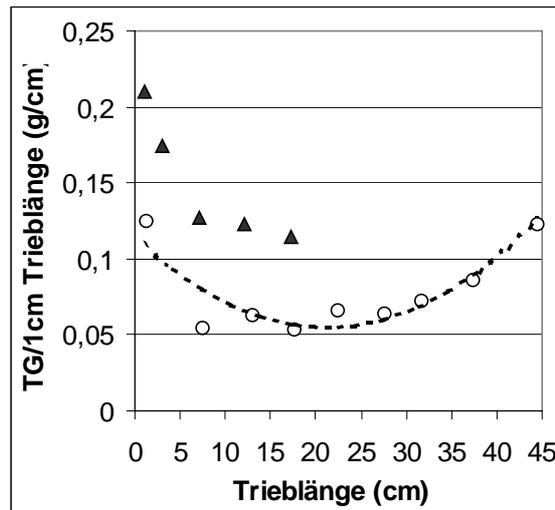


Abb. 34: Zusammenhang zwischen der Trieblänge und dem Einheitstrockengewicht (Trockengewicht pro 1 cm Trieblänge) der Triebe (Kreise: Standort Göttingen 25d, Dreiecke: Standort Nörten 1)

Die Abbildung 34 verdeutlicht, dass das Einheitstrockengewicht der Triebe mit der Trieblänge variiert.

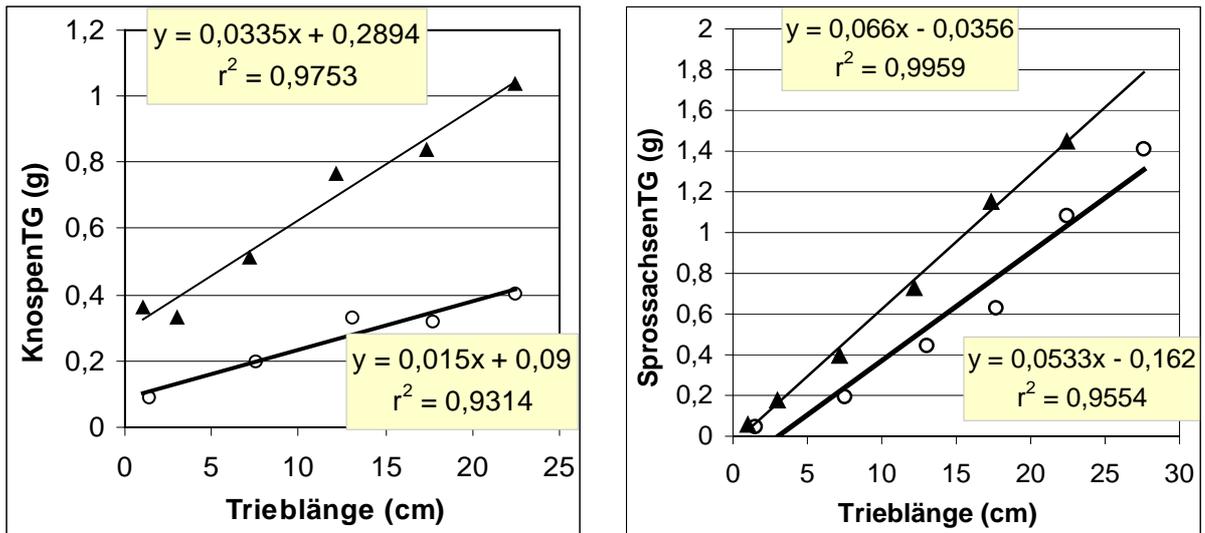


Abb. 35: Zusammenhang zwischen der Triblänge und Knospengewicht bzw. Sprossachsen-gewicht (Kreise: Standort Göttingen 25d, Dreiecke: Standort Nörten 1)

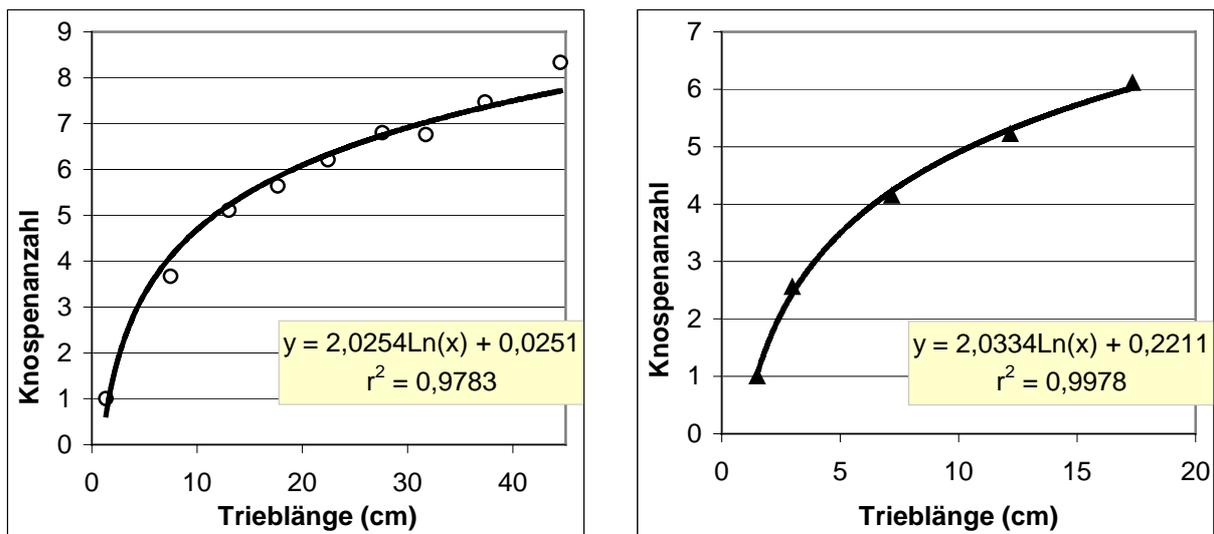


Abb. 36a: Zusammenhang zwischen der Triblänge und Knospenanzahl (Kreise: Standort Göttingen 25d, Dreiecke: Standort Nörten 1)

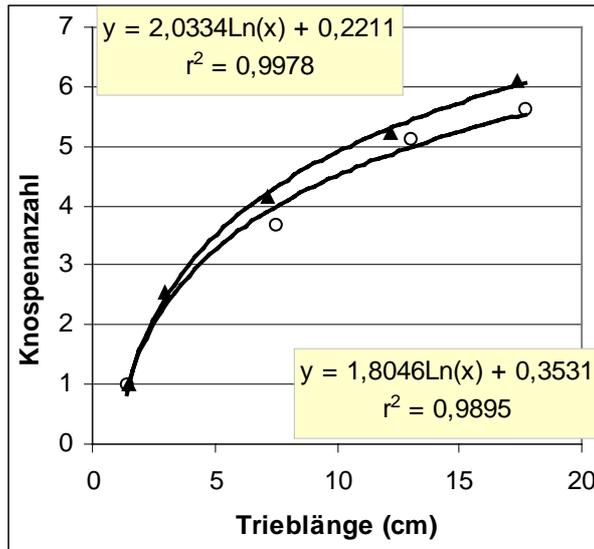


Abb. 36b: Zusammenhang zwischen der Trieblänge und Knospenanzahl im Vergleich (Kreise: Standort Göttingen 25d , Dreiecke: Standort Nörten 1)

Aus den Abbildungen 2 und 33 lassen sich unter Annahmen der Bestandesblattmasse, - zahl, der Kurz- und Langtriebverteilung sowie der mittleren Lang- und Kurztrieblängen die jährlichen Bestandessprossmassen (SM \* KM) kalkulieren.

Tab. 6: Kalkulation der Sprossmasse (SM + KM) auf der Grundlage eines 90 jährigen Buchenbestandes (mit  $19,6 * 10^6$  Blättern, Blattgewicht 0,1604 g/Blatt, Blattmasse: 3,14 t/ha,

Triebart	Trieblänge	Blattzahl	Blattanteil	Blattzahl	Triebzahl	Triebgew.	Triebmasse
Langtr.	15 cm	7	50%	$9,8 * 10^6$	$1,40 * 10^6$	0,943 g	1,320 t/ha
Kurztr.	3 cm	3	50%	$9,8 * 10^6$	$3,27 * 10^6$	0,139 g	0,454 t/ha
							<b>1,774 t/ha</b>

Für einen 90 jährigen Buchenbestand (mit Blütenknospen, Bestand Göttingen 25d)) mit einer mittleren Kurztrieblänge von 3 cm und einer mittleren Langtrieblänge von 15 cm sowie einer Lang- und Kurztriebverteilung von je 50% bei einer Bestandesblattmasse von 3,14 t/ha ( $19,6 * 10^6$  Blätter mit je 0,1604 g/Blatt) ergibt sich eine jährliche Gesamtsprossmasse von 1,774 t/ha ( 1,32 t/ha Langtriebmasse und 0,454 t/ha Kurztriebmasse). Das sind 56,5% der Blattmasse.

Tab. 7: Kalkulation der Sprossmasse (SM + KM) auf der Grundlage eines 120 jährigen Buchenbestandes (mit  $19,6 * 10^6$  Blättern, Blattgewicht 0,1604 g/Blatt, Blattmasse: 3,14 t/ha

Triebart	Trieblänge	Blattzahl	Blattanteil	Blattzahl	Triebzahl	Triebgew.	Triebmasse
Langtr.	10 cm	6,3	25%	$4,9 * 10^6$	$0,78 * 10^6$	1,237 g	0,962 t/ha

Kurztr.	1,5 cm	3	75%	$14,7 \cdot 10^6$	$4,90 \cdot 10^6$	0,322 g	1,580 t/ha
							<b>2,542 t/ha</b>

Für einen 120 jährigen Buchenbestand mit einer mittleren Kurztrieblänge von 1,5 cm und einer mittleren Langtrieblänge von 10 cm sowie einer Lang- und Kurztriebverteilung von 25% zu 75% bei einer Bestandesblattmasse von 3,14 t/ha ( $19,6 \cdot 10^6$  Blätter mit je 0,1604 g/Blatt) ergibt sich eine jährliche Gesamtsprossmasse von 2,542 t/ha (0,962 t/ha Langtriebmasse und 1,58 t/ha Kurztriebmasse). Das sind 81 % der Blattmasse.

Diese Kalkulationen der Sprossmassen können nur als grober Anhalt dienen, da genaue Analysen über die Spross- und Blattmassen eines Bestandes nicht vorgenommen worden sind.

## 4. Diskussion

### 4.1. Zum Begriff „Blattverlust“

Es wird darauf hingewiesen, dass die Verwendung des Begriffs Blattverlust irreführend und ungeeignet ist, da bei der Kronenansprache nicht vorrangig verloren gegangene Blätter (außer bei vorzeitigem Blattverlust durch akute abiotische und biotische Stressoren) beurteilt werden, sondern die zur Entwicklung gekommenen und zum Zeitpunkt der Ansprache vorhandenen Blätter erfasst werden. Der Begriff „Belaubungsprozent“ wäre hierfür treffender. Der Begriff Blattverlust ist konstruiert und zielt eigentlich auf die im Beobachtungsjahr nicht zur Entwicklung gekommene Blattmasse ab.

### 4.2. Gründe der fehlerhaften Blattverlustschätzung

Die Erfassung bzw. Schätzung des Belaubungszustandes eines Baumes, wie sie bei den Waldzustandserhebungen praktiziert wird, ist für ein grobes Waldbiomonitoring zwar grundsätzlich geeignet; denn das Blatt (die Belaubung bzw. Blattfläche) ist das für das Baumwachstum wichtigste morphologische und physiologische Bauelement. Problematisch erscheint jedoch die praktizierte Einschätzung und Interpretation des sogenannten „Blattverlustes“ (rein visuell, Einzelbaumweise, nur „Lichtkrone“, außer Achtlassung der Sekundärkronen) bei der Buche, die, wenn sie die tatsächliche Vitalität eines Baumes oder Bestandes unzureichend beschreibt, in Frage zu stellen ist. Denn welchen Wert hat die sog. Blattverlustschätzung, an der quasi alljährlich der gesamte Waldzustand aufgehängt wird (s. Waldzustandsberichte der Länder und des Bundes), wenn damit nicht annähernd der wahre Vitalitätszustand beschrieben wird.

Im Vergleich zu den „nicht geschätzten“ Bestandesblattmassen, durch die ja die Bestandesvitalität sehr gut charakterisiert wird, konnte aufgezeigt werden, dass bei der Blattverlustschätzung offensichtlich Über- und Unterschätzungen der Belaubung stattfinden. Die tatsächlich geschätzten Blattverluste werden bei guter Vitalität (große Blattmassen) zu hoch und bei schlechterer Vitalität (geringe Blattmassen) zu niedrig angesetzt (**Über-/Unterschätzungsproblematik**). Gründe hierfür können sein:

- a) Der angesprochene Kronenteil repräsentiert nicht die Oberkrone bzw. Gesamtkrone des Baumes durch zu krasse Unterschiede der Belaubung zwischen dem angesprochenen Kronenteil, der Oberkrone und „Nichtoberkrone“ bzw. Restkrone (heterogene Belaubung).
- b) Die Nichterfassung bedeutender Sekundärkronen.
- c) Der angesprochene Kronenteil des Baumes wechselt von Jahr zu Jahr in Abhängigkeit der individuellen Festlegung durch den Schätzer, da ja die Oberkrone nicht fest markiert ist.

- d) Der geschätzte Kronenbereich ändert sich durch Änderung des einsehbaren Schätzbereichs (partielle Erfassung der Oberkrone) einerseits durch totalen oder partiellen Ausfall von Nachbarkronen (Kronenbereich kann sich vergrößern) oder durch die Kronenkonkurrenz von Nachbarbäumen (Verkleinerung des einsehbaren Schätzbereiches durch Zuwachsen) oder durch einen veränderten Beobachtungsort im Bestand.
- e) Die Vorstellung eines 100% belaubten Referenzbaum ändert sich von Bestand zu Bestand und von Schätzer zu Schätzer. Dies könnte einerseits damit zusammenhängen, dass bei der alljährlichen Blattverlusteinschätzung nicht strikt jedes Mal derselbe vollbelaubte Idealbaum als Referenz dient, sondern jedes Jahr immer wieder ein neuer „vollbelaubter“ Referenzbaum aus dem aktuellen Jahreskollektiv definiert wird. Da aber die Bestandesblattmasse von Jahr zu Jahr variiert, variiert aber auch zwangsläufig der 100% belaubte Referenzbaum. Auf diese Weise wird der „vollbelaubte“ Referenzbaum der jährlich wechselnden Belaubung angepasst, was dann zu geringeren Blattverlustunterschieden führt (jährliche Blattverlustnivellierung).
- f) Ein 100% belaubter Bestand (Idealkollektiv mit lauter 100% belaubten Individuen) gemessen an einen 100% belaubten Referenzbaum (Einschätzung nach Bildvorlage oder individueller Vorstellung einer Idealkrone) ist auch unter optimalen Voraussetzungen aufgrund der individuellen Unterschiede in der Kronenarchitektur/Belaubungsdichte, der soziologischen Stellungen und kleinstandörtlichen Gegebenheiten nicht realistisch (Normalverteilung des Belaubungsprozents); denn genetische, mikroklimatische, bodenstandörtliche und konkurrenzbedingte Unterschiede innerhalb eines Bestandes lassen niemals eine phänotypische Gleichheit der Individuen auch nicht allein bezüglich der Belaubung zu. Dies bedeutet aber, dass es selbst unter natürlichen optimalen Wachstumsbedingungen keinen 100 % belaubten Bestand nach Maßgabe des Referenzbaumes geben kann, sondern auch ein voll vitaler Buchenbestand immer im Mittel einen gewissen Prozentsatz an Blattverlust aufweist. Auf diese Weise wird von vornherein auch einem voll vitalen Bestand ein gewisser nicht gerechtfertigter Blattverlust bzw. Vitalitätsverlust („unreeller Blattverlust“, **ideeller Blattverlustfehler**) angerechnet. Nach den Darstellungen in Kapitel 3.2. wäre dieser ideelle Blattverlustfehler Bestandesweise zwischen 10 und 25% einzuordnen (Abb. 3 – 10). Realistisch dürfte dieser jedoch niedriger liegen, bei etwa 5% - 10%. Mit dem mittleren Fehler davon müsste die mittlere Blattverlustkurve korrigiert werden.
- g) Der **Alterstrendfehler** seit der Beobachtungsperiode wird nicht berücksichtigt. Strikt betrachtet, nimmt nach der standörtlichen Kulmination des Längenwachstums und dem Abschluss der Kronenraumeroberung die Belaubungsdichte in der Krone ab, da die Trieblänge abnimmt und sich das Lang-/Kurztriebverhältnis mehr und mehr zum Kurztrieb mit weniger Blättern hinverschiebt. Nach der Ertragstafel (I. Ekl. Schober) reduziert sich die mittlere Trieblänge bzw. Blattzahl (hier 60% des Höhenwachstums und grobe Berechnung) von 90jährigen Buchen bis zum Alter von 110 von 13,2 cm (6,8 Blätter) auf 9,6 cm (6,3 Blätter), also um 8%. Geht man von einem Langtriebanteil von 50% aus, dann erhöht sich der alterstrendbedingte Blattverlust von 1984 – 2002 bereits um ca. 4%. Beim Vergleich von jüngeren Buchen unter 60 Jahre (durchschnittlich 50 Jahre: mittlere Trieblänge: 24 cm, Blattzahl: 8,6, Langtriebanteil 70%) und Buche über 60 Jahre (durchschnittlich 110 Jahre: mittlere Trieblänge: 9,6 cm, Blattzahl: 6,3, Langtriebanteil 40%) errechnet sich ein durchschnittlicher **altersbedingter „Blattverlust“** von ca. 15%.
- h) Die annähernd genaue Schätzung des Belaubungsgrades bzw. Blattverlustes bei starker Fruktifikation nach dem Kronentransparenzprinzip ist äußerst schwierig, wenn nicht unmöglich (**„Fruktifikationsfehler“**): Denn die summarisch geschätzte Gesamtkronentransparenz nach der lichtabfangenden „Blatt- und Fruchtbläche“ (sowie

Zweig- und Astflächen) korrekt aufzuteilen, kann mit großen Fehlern behaftet sein, da eine Ausschlussschätzung der Kronentransparenz (z. B. ohne Fruchtbehang) vor Ort nicht möglich ist. In den letzten 15 Jahren sind aber starke und mittelstarke Fruktifikationen nahezu alle 2,5 Jahre (1989, 1990, 1992, 1995, 1998, 2000, 2002) aufgetreten; diese trugen sicherlich teilweise zu einer Erhöhung des „Blattverlustes“ bei (MÜLDER 1990), dürfen aber deshalb nicht als vitalitätsmindernd gewertet werden, sondern im Gegenteil, sie weisen auf eine große Baumvitalität hin (GRUBER 2003).

- i) Die aufgefangene Blattmasse repräsentiert nicht die Bestandesblattmasse durch zu geringe Stichprobenzahl oder Fehler beim Streufang. Nach ASSMANN 1961 (Bu 117J: 2,6 t/ha MOLLER, Bu 98J: 2,8 t/ha BURGER), DENGLER et al, 1992 (Bu 144J: 3,0 t/ha, Bu 150J: 3,2 t/ha, Bu 126J: 2,9 t/ha, Bu 116J: 3,2t/ha), EBERMAYER 1876 (3,33t/ha), KÜNSTLE und MITSCHERLICH 1977 (Bu 21 J: 3,59 t/ha) liegen zwar die erhobenen Blattmassen im Rahmen (vergl. Tab. 1b): Trotzdem sind bei der relativ kleinen Auffangfläche der Streufänge von 2,5m<sup>2</sup>/ha (12 \* 0,207 m<sup>2</sup>) keine optimalen Verhältnisse gegeben, so dass auch hier Erfassungsfehlern nicht auszuschließen sind.

### 4.3. Dynamik und Regenerationsverhalten der Buchenkrone

Der Baum ist im Verlauf seiner Ontogenese vielfältigen Einflüssen unterworfen, die das Erscheinungsbild der Baumkrone entscheidend prägen. Somit beschreibt der Kronenzustand zusammenfassend die Reaktion des Baumes auf stets wechselnde Umweltbedingungen und ist somit sicherlich ein Indikator zur Abschätzung der Baumvitalität. Dabei muss aber immer die Gesamtkrone (Primär- und Sekundärkrone, bzw. der gesamte Baum) beurteilt werden, um die Baumreaktion auf bestimmte Ursachen zu verstehen. Die bloße Betrachtung von Wipfeltrieben (s. ROLOFF, 1986, 2001) anhand des alleinigen, quasi in 4 Stufen eingeteilten Längenzuwachses oder die Blattverlustschätzung von Oberkronen reicht dafür keinesfalls aus, da hierbei die Baumreaktion in einer nicht angemessenen und naturwissenschaftlich nicht tragfähigen Art und Weise simplifiziert wird. Neben natürlichen und anthropogen bedingten Einflussfaktoren sind auch baumspezifische Einflüsse wie die Intensität der Fruktifikation für den Kronenzustand von Bedeutung.

Nach den Erkenntnissen und Auffassungen des Autors wird die Rotbuche hinsichtlich ihrer Anpassungsfähigkeit über sogenannte Reiterationen (vergl. Hallé et al.) vollkommen unterschätzt bzw. verkannt. Nach ROLOFF (2001) soll sie z. B. zu den Baumarten zählen, die in ihrem Baumleben mit sehr geringer Reiterationstätigkeit agiert und hauptsächlich auf Umwelteinflüsse mit der Langtrieb- hin zur Kurztriebbildung reagiert. Aus diesem Grund beschränkt auch Roloff die Ansprache der „Vitalität“ dieser und aller anderen von ihm beschriebenen Baumarten auch nur auf die einfachste Erfassung des Längenzuwachses im Wipfelbereich, was nach den ausführlichen Untersuchungen des Autors (GRUBER 1989, 1992, 1994) an anderen Baumarten (z. B. Tanne, Douglasie, Lärche, Eiche) und eben auch der Buche zur katastrophalen Fehleinschätzung der Vitalität führen kann. Bei dieser sogenannten „Vitalitätsansprache“, die aber tatsächlich nur eine simple Längenzuwachsansprache des Baumwipfels darstellt, werden die Reiterationen und auch der kambiale Zuwachs vollkommen außer Acht gelassen und damit das Regenerationsvermögen eines Baumes und einer bzw. ganzer Baumarten unterschlagen. Die Regenerationsfähigkeit eines Baumes ist aber gerade ein wesentlicher Bestandteil zur Einschätzung seiner Vitalität (GRUBER 1992). Zu den wesentlichen Regenerations- bzw. Reiterationenmöglichkeiten der Buche zählen:

1. Konvertierte Triebbildungen (Umschalten von Kurz- auf Langtriebbildung) nach Degenerations- bzw. Depressionsphasen (Kronen-Reexpansion) oder Freistellung
2. Aufbau von schattenadaptierten Sekundärkronen an Buchen, deren Primärkronen stark bedrängt werden
3. Aufbau von lichtadaptierten Sekundärkronen an Buchen die freigestellt werden oder die Schäden in ihren Primärkronen erlitten hatten.

#### 4. Regeneration der Primärkrone durch Proventivtrieb Bildung

Andere, für unsere Buchenwälder aber nicht so sehr bedeutsame Reiterationsmöglichkeiten sind bei ROLOFF (1986) genannt.

Dass dieses Regenerationsverhalten beim Biomonitoring überhaupt nicht beachtet wird, ist dem Autor vollkommen unverständlich. Jedem aufmerksamen Beobachter im Buchenwald muss auffallen, dass sich in erster Linie in Abhängigkeit von den Licht- und Standraumverhältnissen sowie der Kronenexposition viele verschiedene Kronenformen ausprägen können (s. Abb. 33). Dabei spielen die Reiterationen aus insbesondere Proventivknospen oder Kurztriebknospen (Konversionen) am Stamm (z. B. Wasserreiser) und in der Primärkrone eine entscheidende Rolle. Neben den jährlichen Schwankungen des Kronenphänotyps in Abhängigkeit von den Witterungsdaten und anderen äußeren Einflüssen kann sich das Kronenbild der Buche durch den teilweisen bzw. kompletten Umbau der Krone an die gegebenen Standortverhältnisse drastisch verändern, ohne dass dadurch die Gesamtvitalität in Frage gestellt wäre (s. Abb. 33).

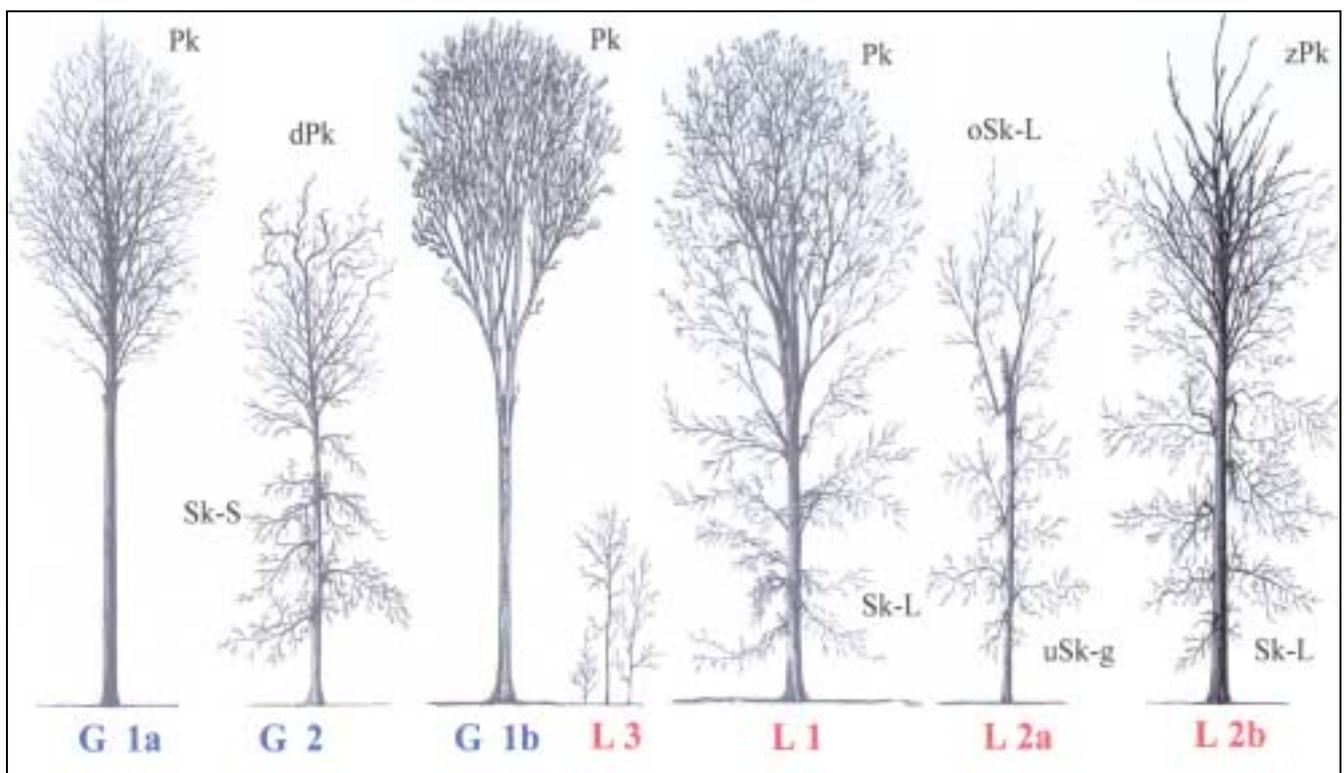


Abb. 33: Baumformen der Buche im Bestand (GRUBER 2002 unveröffentlicht)

**(G = im geschlossenen Bestand, L = im lichten Stand, Sk = Sekundärkrone, Pk = Primärkrone, Sk-S = schattenadaptierte Sk, Sk-L = lichtadaptierte Sk)**

**G1a** = Dominante wipfelschäftige Buche ohne Sk, **G1b** = Dominante Zwieselform ohne Sk,

**G2** = Unterdrückte Buche mit deformierter Pk und schattenadaptierter Sk

**L1** = Dominante weitständige Buche mit lichtadaptierter Sk und intakter Pk, **L2b** =

dominante freigestellte Buche mit zurücksetzender Pk und lichtadaptierter Sk (Überhälter),

**L2a** = Freigestellte unterdrückte Buche mit abgestorbener Pk und lichtadaptierter oberer

Sekundärkrone oSk-L und unterer gemischter Sekundärkrone uSk-g, **L3** = natürliche Verjüngungsinsel mit jungen Buchensämlingen.

Auf diese Weise werden z. B. die Baumformen L1a, aber insbesondere L2a, L2b und Zwischenformen davon völlig falsch bewertet. Nach der Blattverlustschätz- und der Roloff-Methode werden diese Baumformen (L2a, L2b) als Schadstufe 4 (absterbend bis tot)

gewertet, obwohl diese trotz zurückstrebender Primärkrone eine hohe Vitalität zeigen, indem sie sich durch Neuaufbau von Sekundärkronen und Neuanpassung an die Umwelt behaupten. Solche Veränderungen treten hauptsächlich auf, wenn der Kronenraum primär hinsichtlich des Lichtraumes verändert wird (vergl. auch DENGLER 1944). Auch im Hinblick auf die derzeit starken Eingriffe bei der Zielstärkennutzung der Buche ist das Wissen um die enorme Kronenflexibilität (Art und Ausmaß) der Buche von größtem Interesse. Denn ein Großteil der Bäume des verbleibenden Bestandes wird mit Sicherheit durch das großglückige Aufreißen des Kronendaches drastischen Qualitätseinbußen und Kronenveränderungen unterliegen.

An dieser Stelle soll auch auf die mangelnde Einheitlichkeit der Schadstufen- bzw. Blattverlustdarstellung in den Waldzustandsberichten der Bundesländer hingewiesen werden, wodurch eine Vergleichbarkeit vereitelt wird. Schon wegen der großen Bedeutung der Charakterisierung unserer Umwelt müssen einheitliche Parameter verwendet werden und nicht von Bundesland zu Bundesland verschiedene (z. B. Schadstufenanteile und mittlere Blattverluste in Hessen getrennt nach Alter, Flächenanteile getrennt nach Alter in Niedersachsen, Schadstufenanteile in Rheinland Pfalz und Bayern ohne Alterstrennung).

#### **4.4. Gesundheitszustand und Vitalität**

Der Gesundheitszustand bzw. die Vitalität eines Baumes oder Bestandes kann aufgrund der aufgeführten Darstellungen und Erkenntnisse niemals an einem einzelnen Parameter bzw. Bauelement des Baumes, sondern immer nach Möglichkeit in der Gesamtheit seiner relevanten Parameter gemessen bzw. bewertet werden (GRUBER 1992). Dabei sollte das vom Autor herausgearbeitete Degenerations-Regenerationskonzept Anwendung finden (GRUBER 1992), welches ja auf der Grundlage einer ökologisch dynamischen Gehölmorphologie gerade für die Bioindikation konzipiert und bislang unverständlicherweise ignoriert worden ist. Der Grund für die „ganzheitliche“ Betrachtungsweise ist, dass jedes Bauelement

1. einer ontogenetischen Veränderung unterliegt (ontogenetisches Veränderungsgesetz),
2. durch bauminterne Allokationsverteilungen unterschiedlich differenziert und
3. durch natürliche Einflüsse unterschiedlich modifiziert werden kann.

Darüber hinaus muss bedacht werden, dass letztlich auch die Vitalität als absolutes oder relatives Maß nicht statisch, sondern dynamisch sein kann, sofern sich die Rahmenbedingungen im System schnell und massiv verändern. Die Veränderung kann einerseits durch systemexterne Prozesse (z. B. Veränderungen im Sonnensystem durch verstärkte Strahlung und Temperaturerhöhung) oder andererseits durch systeminterne anthropogen verursachte Maßnahmen (z. B. erhöhte Stickstoffeinträge, CO<sub>2</sub>-Erhöhung etc.) hervorgerufen werden, was dann zu einer „Supravitalität“ auch nur bezüglich der Summe aus dem RZW% und BM% führen kann.

#### **5. Konsequenzen**

Damit muss auf jeden Fall die derzeit praktizierte Schätzmethode des Blattverlustes bei der Waldzustandserhebung zur Darstellung und Vitalitätsbewertung des Waldzustandes (gilt hier nur für die Buche) als unbefriedigend/unzureichend bezeichnet und neu überdacht werden.

Wegen der enormen Allokationskonkurrenz um die Baustoffe durch bauminterne Prozesse, welche bei der Buche nach Eintritt in ihre Reproduktionsphase eine große Rolle spielt, eignet sich die Blattmasse („Blattverlust“) oder die Trieblänge (Roloff'schen Vitalitäts-/Schadstufen) allein nicht zur richtigen Einschätzung der Baumvitalität.

Künftig muss deshalb gefordert werden, die derzeitige Zustandsbeschreibung der Bäume und des Waldes (Buche) durch geeignete Parameter zu ergänzen und durch **kombinierte Vitalitätsindizes** zu bewerten. Dazu wird z. B. vorgeschlagen:

- Die Erfassung der **Bestandesbiomassen**, insbesondere die überrepräsentative und sichere Erfassung der Bestandesblattmassen sowie der Blüten- und Fruchtmassen auf den **Level II-Flächen** zur Darstellung des vereinfachten  $V_k$ .
- Die Erfassung der Zuwächse (**Radial-, Volumen- und Längenzuwächse** durch Jahresring- Stamm- und Kronenanalysen, woraus auch die bedeutungsvolle Vorgeschichte der Bestände charakterisiert werden kann),
- Die **Belaubungsprozentschätzung** nicht nur Einzelbaumweise, sondern Bestandesweise durch geeignete schnell arbeitende lichtoptische oder fotografische Methoden (Bedeckungsgrade, Bestandestransparenz, Schwarz-/Weiss),
- die **Einzelbaumweise Kronenansprache auf den Level I-Flächen** sollte allerdings aufgrund der vorhandenen Zeitreihen und ergänzend zur Erfassung anderer Merkmale beibehalten werden; bei den Blattverlustkurven sind jedoch **Korrekturen** nach Kap. 3.4.3., 3.4.6. hinsichtlich der Fruchtmassen und des Alterstrends der Belaubung vorzunehmen, da diese keine Schadfaktoren sind. Die Blattverlustkurven sollten in Belaubungsprozentkurven transformiert werden. Künftig sollte nicht mehr der Blattverlust, sondern die Belaubung, die Blüte und Frucht und die Verzweigung angesprochen werden.
- Die **Sekundärkronen** müssen aber bei der Schätzung in detaillierter Ansprache mit einbezogen werden (wichtig für das Verständnis der Schadens- und Regenerationsdynamik sowie der Einschätzung der Gesamtvitalität),
- Die stärkere Berücksichtigung der **Witterung** durch Analysen der Zuwachs-Belaubungs-/Witterungsbeziehungen ist erforderlich
- Eine **stärkere Konzentration auf jüngere Buchenflächen** ist notwendig
- Der zahlenmäßige **Ausbau und die Intensivierung von Level II-Buchenflächen** ist nicht nur für ein effizientes Biomonitoring, sondern auch für die grundlegende und umfassende Erforschung unserer Waldökosysteme erforderlich und anzustreben.
- Aufgrund noch großer grundlegender Kenntnislücken in der Morphologie und Ökophysiologie unserer Bäume und Waldökosysteme, deren rasche Schließung die unbedingte Voraussetzung eines effizienten Biomonitorings ist, wird hiermit erneut auf den dringlichen Forschungsbedarf hingewiesen.

Auf den sehr wertvollen vorhandenen Level-II-flächen wird diese Forderung nur z. Teil recht gut erfüllt; außerdem reicht die Anzahl der derzeit ausgewiesenen Flächen für ein effizientes Waldbiomonitoring nicht aus, um nur annähernd die komplexen Abläufe und Entwicklungen einiger Grundökosysteme zu verstehen. Eine ständige Weiterentwicklung und Methodenverbesserung des Wald-Umweltmonitorings (Meesenburg et al. 2002) ist notwendig. Darüber hinaus sollten aber in einem erweiterten Level II Programm die Waldökosysteme (nicht nur das Biomonitoring) durch die enge Zusammenarbeit der Wald fakultäten und Forstlichen Forschungsanstalten stärker erforscht werden, um einerseits die große Bedeutung unserer Lebensgrundlage Wald zu begreifen und andererseits diese dem Bewusstsein des Menschen nahe zu bringen. Dies ist gerade in einer Zeit des globalen Wandels dringlichst erforderlich, da unsere Unkenntnis über deren Auswirkungen nur durch neue Erkenntnisse zu gerechtfertigten und richtigen politischen Handlungen zum Schutz und der Aufrechterhaltung der nachhaltigen Multifunktionalität unserer Wälder führen kann. Die Falschinformation der Öffentlichkeit über den Vitalitäts-Zustand unserer Buchenwälder muss schnellstmöglich abgestellt werden.

## 6. Zusammenfassung

- a) Für die Beschreibung und Bewertung des **Vitalitätszustandes** unserer Buchenwälder ist die **alleinige Erhebung des sog. Blattverlustes nicht ausreichend** und fehlerhaft. Die

Vitalität (Gesundheitszustand) unsere Buchenwälder wird danach viel zu schlecht eingestuft.

- b) Somit wird die **Öffentlichkeit** durch den Waldzustandsbericht über die Vitalität unserer Buchenwälder **falsch informiert**. Dieser Mangel muss umgehend abgestellt werden.
- c) Zwischen den **geschätzten Blattverlusten** und den **Blattmassen** der hier untersuchten 8 älteren Level II-Buchenflächen (Buche über 60 Jahre alt) konnten **keine befriedigenden Zusammenhänge** hergestellt werden. Offensichtlich ist die Blattverlustschätzung (vielleicht auch die Blattmassenerhebung) mit nicht tolerierbaren Fehlern behaftet.
- d) Die Blattverluste der Buchen werden nach diesen Ergebnissen in „schlechten Jahren“ meist zu gering und in „guten Jahren“ zu hoch angesetzt (**Unter-/Überschätzung des Blattverlustes**). Die Blattverlustdynamik läuft auf den meisten Flächen nicht einmal umgekehrt proportional zur Blattmassedynamik.
- e) Darüber hinaus ist der geschätzte Blattverlust nicht immer repräsentativ für den Zustand des ganzen Baumes und damit auch nicht für den Vitalitätszustand eines Bestandes.
- f) Bei älteren Buchen wird hauptsächlich aufgrund der **Fruktifikation, des Alterstrends und des ideellen Blattverlustfehlers** die Vitalität durch die (viel zu hoch angesetzte) Blattverlustkurve viel zu negativ dargestellt.
- g) Die **Regenerationsfähigkeit** durch Kronenumbau (Degeneration der Primärkronen, Aufbau von Sekundärkronen) und **Kronenflexibilität** durch gezielten Lang-/Kurztriebeinsatz der Buche wird nicht oder unzureichend berücksichtigt.
- h) Ebenso sind die einzig auf die Wipfel-Trieblängen basierten **Vitalitäts-Schadstufen Schemata von Roloff** für eine Vitalitätsbewertung von Bäumen oder Beständen als zu einseitig ausgerichtet und **ungeeignet** zu nennen. Auch hier werden die Fruktifikation, die Möglichkeit des Kronenumbaus und das Regenerationsverhalten der Buche nicht beachtet, was fehlerhaft ist.
- i) Die **krassen Unterschiede** im dargestellten Blattverlust zwischen **Buchen über 60 Jahre** und **Buchen unter 60 Jahren** können kausal kaum über die Stoffbelastung erklärt werden, sondern werden in erster Linie durch die Fruktifikation und den Alterstrend verursacht.
- j) Die **Blüten- und Fruchtbildung der Buche** wird bislang nicht als Vitalitäts-, sondern als Schadensmerkmal gewertet und findet daher keine Berücksichtigung in der „Blattverlustkurve“, was fehlerhaft ist. Ebenso wie bei der Neubildung einer großen Blattmasse ist analog die Neubildung einer reichlichen Blüte und Fruktifikation ein Zeichen hoher Vitalität. Jede starke Fruktifikation mit einer noch mittelmäßigen Belaubung müsste mindestens einem Blattverlust Null entsprechen.
- k) Allerdings kann ein starkes Fruktifikationsjahr (Mastjahr) der Buche den Radialzuwachs deutlich mindern (**Konkurrenzregel**).
- l) Die **Belaubung (Blattmasse, Blattverlust)** ist nur **eingeschränkt** als Vitalitätsweiser brauchbar: Bei älteren Buchen kann allein am Blattverlust die Vitalität nicht gut eingeschätzt werden. Bei jüngeren Buchen unter 60 Jahre ist dies besser möglich.
- m) Die **natürliche Schwankungsbreite der Buchenbelaubung kann 25 % – 30 %** unter der Vollbelaubung liegen. Die Schadstufe 1 (10 – 25 % Blattverlust) ist damit hinfällig.
- n) Ein auf den jährlichen Zuwächsen der Biomassen (Blattmasse und Fruchtmasse) und des Radialzuwachses basierter einfacher **kombinierter Kronenvitalitätsindex** (Kronenvitalitätsdiagramme) auf Bestandesebene wird vorgeschlagen.
- o) Vorschläge zur verbesserten Zustandsbeschreibung der Buchenwälder werden gemacht, insbesondere durch die Erfassung der Bestandesbiomassen.

- p) Auf die Notwendigkeit des Ausbaus der Waldforschung, der ökologischen Waldbotanik (Boden, Baum, Atmosphäre, biotische Umwelt) und des Waldschutzes wird mit Nachdruck hingewiesen.
- q) Die Level II Flächen liefern sehr wertvolle Daten nicht nur für das Umweltmonitoring sondern auch für die Ökosystem- und Waldforschung. Mit aller Anstrengung sollten daher Untersuchungsprogramm und Anzahl solcher Flächen, insbesondere auch jüngere Bestände, ausgebaut werden. Einen besonderen Stellenwert muss dabei die Pflege des Datenservice (sorgfältige Erhebung, qualifizierte Auswertung, wirtschaftliche Nutzung) einnehmen.

Es ist davon auszugehen, dass auch bei anderen Baumarten (Eiche, Fichte, Kiefer) ähnliche Regeln greifen, weshalb das gesamte Biomonitoring für alle Baumarten neu überprüft und gegebenenfalls neu bewertet werden muss.

## **7. Appell an die Politik**

Unser Wald als der Gegenpol der Naturzerstörung durch Bebauung und Industrie und als ein Hauptgarant unserer menschlichen und gesellschaftlichen Existenz schlechthin durch die (kosten)freie und daher so „selbstverständliche“ Bereitstellung seiner multifunktionalen lebensnotwendigen Leistungen muss daher künftig stärker geschützt, entschieden besser erforscht und gefördert und finanziell unterstützt (Erhebung von Waldabgaben, welche wiederum dem Wald aufgrund seiner Erhaltung und multifunktionalen Leistungen zufließen müssen) und seine große Bedeutung dem Bewusstsein des Menschen verstärkt näher gebracht werden.

Mit ihrer zur Zeit nicht zu verantwortenden Schrumpfung der Leistungskapazitäten bei der Waldpflege, Forstverwaltung und Waldforschung (nicht nachvollziehbare Sparmaßnahmen bei den Walduniversitäten und -forschungsanstalten, wodurch schon wieder an unserer Lebensgrundlage Wald gesägt wird) und der mangelhaften finanziellen Unterstützung des Waldeigentums, muss an die derzeitige Wald -und Gesamtpolitik, welche die große volkswirtschaftliche Bedeutung unserer Wälder offensichtlich völlig unzureichend anerkennt- oder sogar verkennt, mit Nachdruck der Appell gestellt werden, die angesprochenen Missstände umgehend abzustellen und die Waldforschung und Waldpflege entschieden besser zu fördern.

Man muss sich nämlich schon fragen, wie ernst und wichtig nimmt man eigentlich unsere wichtigste natürliche Lebensgrundlage, wenn man auf die von unseren Ministerien mangelhaften Informationen über unsere Waldzustände und die ausbleibende Förderung der Waldforschung und die Extensivierung des Waldmanagements blickt.

Wie sollte man Probleme aufgrund von lückenhaften Vorstellungen über unsere Wälder, mangelndem Bewusstsein und Interesse daran eigentlich lösen können? Wie kann man Wälder effizient, nachhaltig und verantwortlich pflegen, wenn man nicht weiß, wie sie funktionieren?

Die größte ökologische Herausforderung des Menschen im 21. Jahrhundert wird die Reduzierung der sog. Treibhausgase zur Restaurierung einer harmonischen Atmosphäre sein. Insbesondere muss es gelingen, wieder einen ausgeglichenen CO<sub>2</sub>-haushalt herzustellen, welcher nur durch Bäume und Wälder über die langfristige Fixierung des Kohlenstoffs im Holz erreicht werden kann. Das Motto muss also lauten: Vermehrt unsere Bäume und Wälder, lasst sie alt werden, verlangsamt den Kohlenstoffkreislauf, stoppt den Verbrauch fossiler und den von Holzbrennstoffen. Schützt Baum und Wald.

## **8. Danksagung:**

Mein besonderer Dank gilt den Forstwissenschaftlern und Waldökologen Frau H. Fortmann, Frau I. Dammann, Frau Dr. M. Kuhr, Herrn Prof. Dr. J. Eichhorn und Herrn Schröck, die mir im Wege der interdisziplinären Zusammenarbeit unter anderem ihre wertvollen Level II Daten jederzeit zur Verfügung stellten.

An alle, die diese und ähnliche Arbeiten nicht mit Forschungsmitteln unterstützt haben, möchte ich trotzdem meinen Dank aussprechen, in der Hoffnung, die ökologisch angewandte Waldforschung und das Waldbiomonitoring künftig stärker zu fördern. Denn unsere Lebensgrundlage Wald ist uns das wert.

## 9. Literatur:

1. WZB: Waldzustandsberichte der Länder 2000 – 2003 – Niedersachsen, Hessen, Bayern, Rheinland Pfalz
2. BMVEL 2001: Bericht über den Zustand des Waldes 2000 (Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, Bonn)
3. GODBOLD, D. Aluminium and heavy metal stress: From the rhizosphere to the whole plant. In: Effects of acid rain on forest processes. Ed. Godbold, D. and A. Hüttermann. J. Wiley-Liss, Inc. New York. P. 231 - 264
4. GT 2003: Göttinger Tageblatt, 13. November 2003. S. 7, Göttingen
5. GRUBER, F. 1992: Dynamik und Regeneration der Gehölze. Berichte Forschungszentrum Waldökosysteme, Reihe A/Bd. 86, Teil I: Ergebnisse, 419 S.
6. GRUBER, F. 1994: Morphology of coniferous trees: Possible effects of soil acidification on the morphology of Norway spruce and Silver fir. In: Effects of acid rain on forest processes. Ed. A. Hüttermann. J. Wiley-Liss, Inc. New York.
7. GRUBER, F. 2001: Wipfelwachstum von Altbuchen (*Fagus sylvatica* (L.) auf einem Kalkstandort (Göttingen/Söderrich) in Abhängigkeit von der Witterung. II. Steuerung des Zuwachses durch die Witterung. Allg. Forst- u. J.-Ztg., 172/11: 193 - 202
8. GRUBER, F. 2002: Wachstum von Altbuchen (*Fagus sylvatica* (L.) auf einem Kalkstandort (Göttingen/Söderrich) in Abhängigkeit von der Witterung. III. Bohrkernanalysen. Allg. Forst- u. J.-Ztg., 173/7-8: 117 – 122
9. GRUBER, F. 2003a: Welche Witterung bestimmt die Fruchtbildung bei der Rotbuche? AFZ-DerWald/5: 246-248
10. GRUBER, F. 2003b: Steuerung und Vorhersage der Fruchtbildung bei der Rotbuche (*Fagus sylvatica* (L.) durch die Witterung. Schriften Forstl. Fak. Uni Göttingen und Nieders. Forstl. Vers. 136: 6 Beiträge; 141 Seiten
11. GRUBER, F. 2003c: Klimatische Wirkungen unterschätzt: Interview. Natur & Kosmos, November 2003. S. 33
12. GRUBER, F. 2004: Die Steuerung des sogenannten „Blattverlustes“ der Buche (*Fagus sylvatica* (L.) durch die Witterung. – Witterungsbasierte Grund- und Prognosemodelle zum sog. „Blattverlust“ Allg. Forst- u. J.-Ztg., im Druck.
13. MEESENBURG, H, I DAMMANN, J. EVERS, A. SCHULZE, P. RADEMACHER, M. MINDRUP, N. KÖNIG, H. FORTMANN, C. EBERL, K.J. MEIWES 2002: Forstliches Umweltmonitoring als Entscheidungshilfe für die Forstwirtschaft und Umweltpolitik. Forst und Holz 57. Jg. Heft 23/24: S. 707 - 712
14. MÜLDER, D. 1990. Die Entwicklung der Waldschäden. Einführung. Wilhelm-Münker Stiftung Heft 30: 6 - 15
15. MÜNCH, E. 1938: Untersuchungen über die Harmonie der Baumgestalt. Jahrbuch wiss. Botanik 86: 581 - 673
16. HNA 2003: Zwei Drittel der Bäume krank. Hofgeismarer Allgemeine, 12. Dezember S. 2

17. ROLOFF, A. 1986: Morphologie der Kronenentwicklung von *Fagus sylvatica* L. (Rotbuche) unter besonderer Berücksichtigung möglicherweise neuartiger Veränderungen. Ber. Forsch. Waldökosysteme/Waldsterben Bd 18
18. SDZ (Süddeutsche Zeitung) 2003: Waldsterben nimmt wieder zu. Süddeutsche Zeitung 285. 11. Dezember, S. 2
19. SPIEGEL 2003: Mehr als zwei Drittel aller Bäume sind krank. 11. Dezember 2003
20. ULRICH, B. 1994: Process hierarchy in Forest Ecosystems: An integrative ecosystem theory. In: Effects of acid rain on forest processes. Ed. Godbold, D. and A. Hüttermann. J. Wiley-Liss, Inc. New York.

**Anschrift des Autors:**

*Prof. Dr. Franz Gruber  
Institut für Forstbotanik und Baumphysiologie  
der Universität Göttingen  
AG Dendrologie, Baumpflege & Waldbotanik  
Büsgenweg 2  
D-37077 Göttingen  
e-mail: fgruber@gwdg.de*

