

5 Ergebnisse

5.1 Quantitative Auswertung der Gruppen

5.1.1 Mineralverlust

In Tabelle 5 werden die mittleren Mineralverluste und die dazugehörigen Standardabweichungen der einzelnen Gruppen dargestellt. Aufgeführt sind die Messergebnisse der demineralisierten und dem Speichelersatzmittel ausgesetzten Bereiche der Schmelzproben sowie die absoluten Mineralverluste der einzelnen Gruppen. Die Anzahl der zusammengefassten Einzelmessungen bei jeder Gruppe liegt bei 10.

Angegeben sind die erhöhten (negatives Vorzeichen) und verringerten (positives Vorzeichen) Mineralverluste. Dabei drückt das negative Vorzeichen ein Fortschreiten der Demineralisation, ein positives Zeichen hingegen eine Remineralisation der untersuchten Schmelzproben aus.

Nach der Lagerung der Proben in dem Speichelersatzmittel Salinum[®] (Gruppe **I**) und in den Speichelersatzlösungen **III**, **IV** und **VI** wurde eine signifikante ($p < 0,05$; t-Test) Erhöhung des Mineralverlust festgestellt. Die Gruppen **V** und **VII** zeigten ein hoch signifikantes Fortschreiten der Demineralisation ($p < 0,01$; t-Test). Bei den Ersatzmitteln **II**, **VIII**, **IX**, **X**, **XI** und **XIII** war die Mineralveränderung nicht signifikant. Bei der Gruppe **XII** konnte ein signifikanter ($p < 0,05$; t-Test) Rückgang des effektiven Mineralverlustes beobachtet werden.

Tabelle 5: Mittelwerte (\bar{x}) und Standardabweichungen (SD) der Mineralverluste (in Vol.% x μm)

Gruppe	Mineralverlust d		Mineralverlust e		Mineralverlust absolut		Signifikanz
	\bar{x}	\pm SD	\bar{x}	\pm SD	\bar{x}	\pm SD	
I	1553	409	2573	1140	-1021	981	*
II	1310	513	1506	502	-196	312	n.s.
III	1304	375	1777	383	-473	550	*
IV	1201	381	1425	213	-224	295	*
V	1128	347	1493	406	-365	226	**
VI	1089	248	1373	268	-284	325	*
VII	1317	468	1651	379	-334	218	**
VIII	1225	407	1288	233	-63	262	n.s.
IX	1312	650	1415	633	-103	344	n.s.
X	1295	432	1359	403	-64	272	n.s.
XI	1294	248	1259	480	+35	365	n.s.
XII	1547	438	1228	145	+320	403	*
XIII	1607	671	1296	391	+312	576	n.s.

In der Abbildung 6 ist die Änderung des Mineralverlustes [$d.\text{min} = \text{min.d} - \text{min.e}$] in Vol.% x μm der demineralisierten Schmelzproben (jeweils $n = 10$) nach Lagerung in den verschiedenen Speicheltersatzmitteln als Box-and-whisker-plots dargestellt. Anhand der Darstellung wird erkennbar, dass die Lösung **I**, im Vergleich zu den bezüglich Kalzium und Phosphat äquivalent gesättigten Lösungen **VIII** und **X**, zu einem signifikanten Mineralverlust geführt hat. Des Weiteren zeigt die Abbildung, dass die Gruppe **XII**, welche im Vergleich zu den restlichen Gruppen bezüglich OCP stärker übersättigt war, zu einer Remineralisation geführt hat.

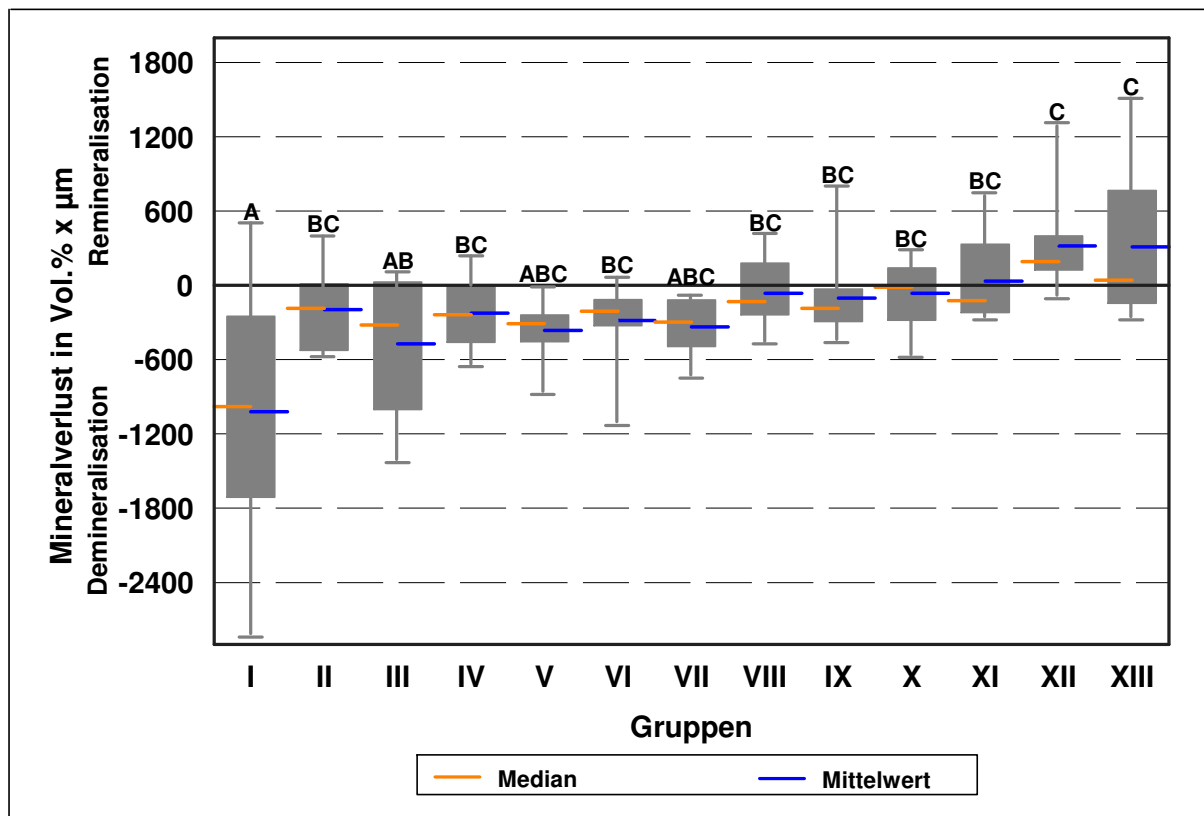


Abbildung 6: Box-and-whisker-plots der Mineralverluste (Vol.% x µm) mit den jeweiligen Quartilen sowie den Medianen (orange) und Mittelwerten (blau). Gruppen mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant voneinander ($p < 0,05$; Bonferroni).

5.1.2 Läsionstiefen

Tabelle 6 zeigt die mittleren Läsionstiefen der demineralisierten und den verschiedenen Speichelersatzmitteln ausgesetzten Bereiche der Schmelzproben. Die Standardabweichungen und die Signifikanzen sind ebenso aufgeführt.

Die Ergebnisse aller 10 Einzelmessungen einer Gruppe wurden zusammengefasst. Bei einem positiven Vorzeichen der Werte handelt es sich um die Abnahme der Läsionstiefe. Dies ist bei den Gruppen **X**, **XI** und **XIII** der Fall, wobei die Unterschiede nicht signifikant sind. Die restlichen Lösungen zeigen hingegen eine Zunahme der Läsionstiefe. Bei den Speichelsubstituten **I**, **II** und **VIII** war die Vergrößerung der Läsionstiefe nicht signifikant. Die Lagerung in den Lösungen **III**, **IV**, **V** und **IX** führte zu einer signifikanten Erhöhung ($p < 0,05$; t-Test), bzw. zu einer hoch signifikanten ($p < 0,01$; t-Test) Erhöhung der Läsionstiefe bei den Gruppen **VI** und **VII**.

Tabelle 6: Mittelwerte (\bar{x}) und Standardabweichungen (SD) der Läsionstiefen (μm)

Gruppe	Läsionstiefe d		Läsionstiefe e		Läsionstiefe absolut		Signifikanz
	\bar{x}	\pm SD	\bar{x}	\pm SD	\bar{x}	\pm SD	
I	79,9	15,4	98,5	24,3	-18,5	24,6	n.s.
II	78,8	19,8	79,8	20,0	-1,0	18,7	n.s.
III	67,5	16,2	78,4	10,3	-10,9	13,4	*
IV	60,7	8,4	71,2	10,5	-10,6	10,7	*
V	60,4	15,7	74,4	24,1	-14,0	14,7	*
VI	61,5	12,8	75,0	9,7	-13,5	10,7	**
VII	72,5	17,1	83,9	13,0	-11,5	9,5	**
VIII	74,2	17,4	76,7	11,9	-2,5	9,1	n.s.
IX	65,3	19,3	74,9	17,8	-9,6	12,8	*
X	71,4	13,5	69,3	13,9	+2,2	11,4	n.s.
XI	71,2	13,5	68,3	22,1	+2,9	18,5	n.s.
XII	72,0	10,3	80,0	12,7	-8,1	10,5	*
XIII	71,8	16,0	69,1	11,8	+2,7	11,1	n.s.

Anhand der Box-and-whisker-plots (Abbildung 7) sind die Änderungen der Läsionstiefen (d.lt) in μm nach Lagerung der demineralisierten Schmelzproben ($n = 10$) in den verschiedenen Speichellersatzlösungen dargestellt. Es wird ersichtlich, dass die Gruppe **I** zu einer stärkeren Vergrößerung der Läsionstiefen geführt hat, als die Gruppen **VIII** und **X**, welche ähnlich gesättigt waren. Trotz hoher Sättigungsgrade der Gruppen **XII** und **XIII** im Vergleich zu den restlichen Gruppen konnte bei diesen keine signifikante Verringerung der Läsionstiefe beobachtet werden.

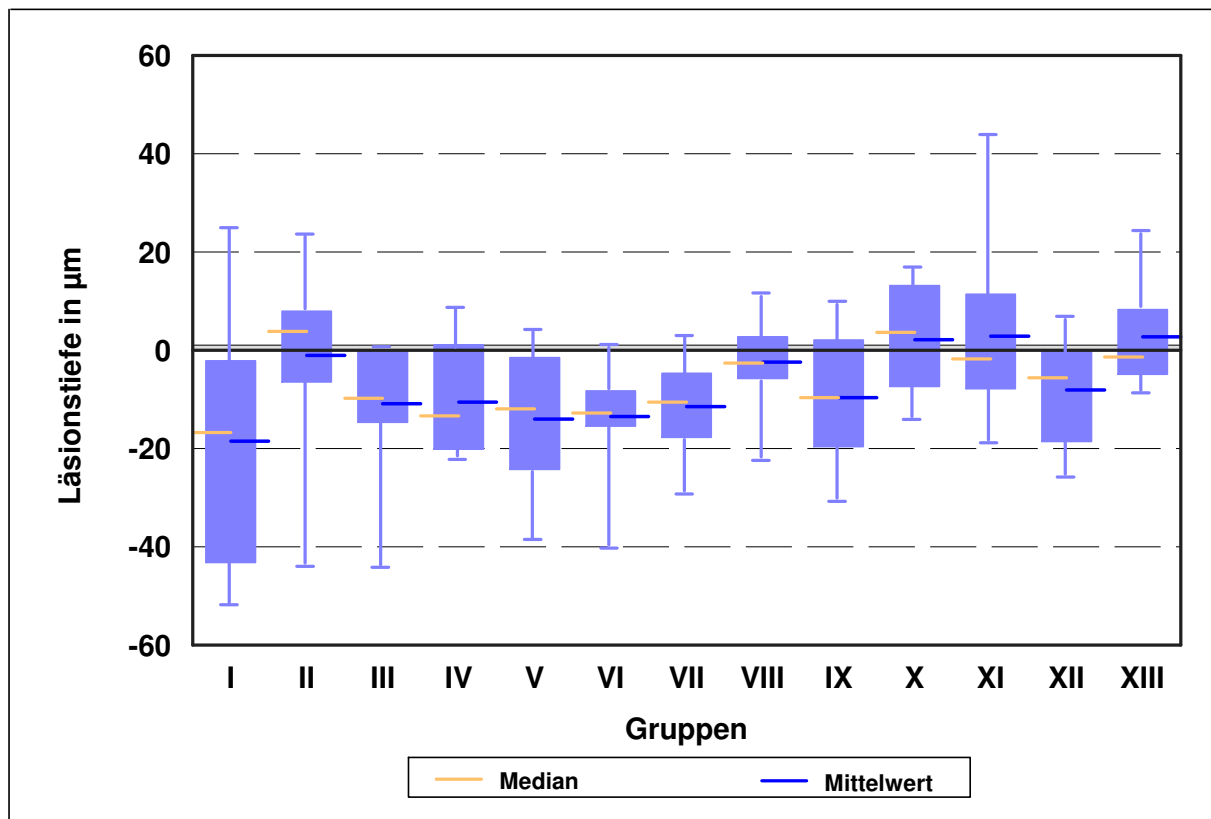


Abbildung 7: Box-and-whisker-plots der Läsionstiefen (μm) mit den jeweiligen Quartilen sowie den Medianen (orange) und Mittelwerten (blau). Die Gruppen unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (ANOVA).

5.2 Ergebnisse zum Einfluss unterschiedlicher Kalzium- und Phosphatkonzentrationen und dem pH-Wert auf den Mineralverlust und die Läsionstiefe

Untersucht wurden drei verschiedene Faktoren hinsichtlich der Änderung der Mineralverluste und der Läsionstiefen der demineralisierten Schmelzproben nach Lagerung in unterschiedlich konzentrierten Speichersatzlösungen.

5.2.1 Der Kalziumeinfluss auf den Mineralverlust

Kalzium hatte einen signifikanten Einfluss auf die Änderung des Mineralverlustes (ALM; $p = 0,003$). In der Abbildung 8 sind die Änderungen des Mineralverlustes (d.min) in $\text{Vol.}\% \times \mu\text{m}$ im Hinblick auf den Einfluss unterschiedlicher Kalziumkonzentrationen aufgeführt. Aus der Darstellung der Box-and-whisker-plots wird ersichtlich, dass die Schmelzproben, welche in Lösungen mit hohen Kalziumkonzentrationen (111 mg/l und 222 mg/l) lagerten, im Vergleich zu den

Lösungen ohne Kalzium eine signifikante Remineralisation aufwiesen (ANOVA, Bonferroni; $p < 0,05$).

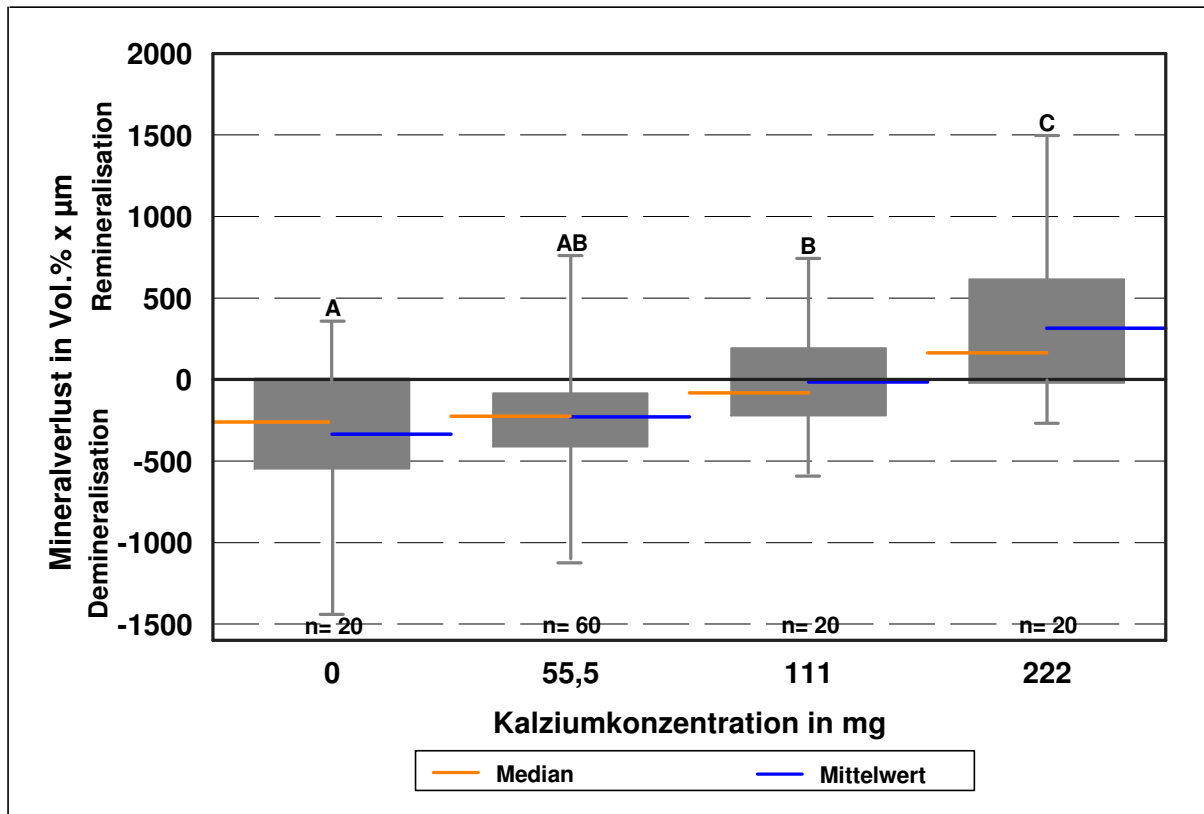


Abbildung 8: Box-and-whisker-plots der Mineralverluste (Vol.% x μm) mit den jeweiligen Quartilen sowie den Medianen (orange) und Mittelwerten (blau). Gruppen mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant voneinander ($p < 0,05$; Bonferroni).

5.2.2 Der Kalziumeinfluss auf die Läsionstiefe

Kalzium hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Läsionstiefen (ALM; $p = 0,221$). Die verschiedenen Kalziumkonzentrationen auf ihren Einfluss hinsichtlich der Änderung der Läsionstiefen (d.lt) in μm , sind in Abbildung 9 aufgeführt. Der Vergleich mittels ANOVA zeigt signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen mit 55,5 mg/l und 111 mg/l Kalzium (Bonferroni).

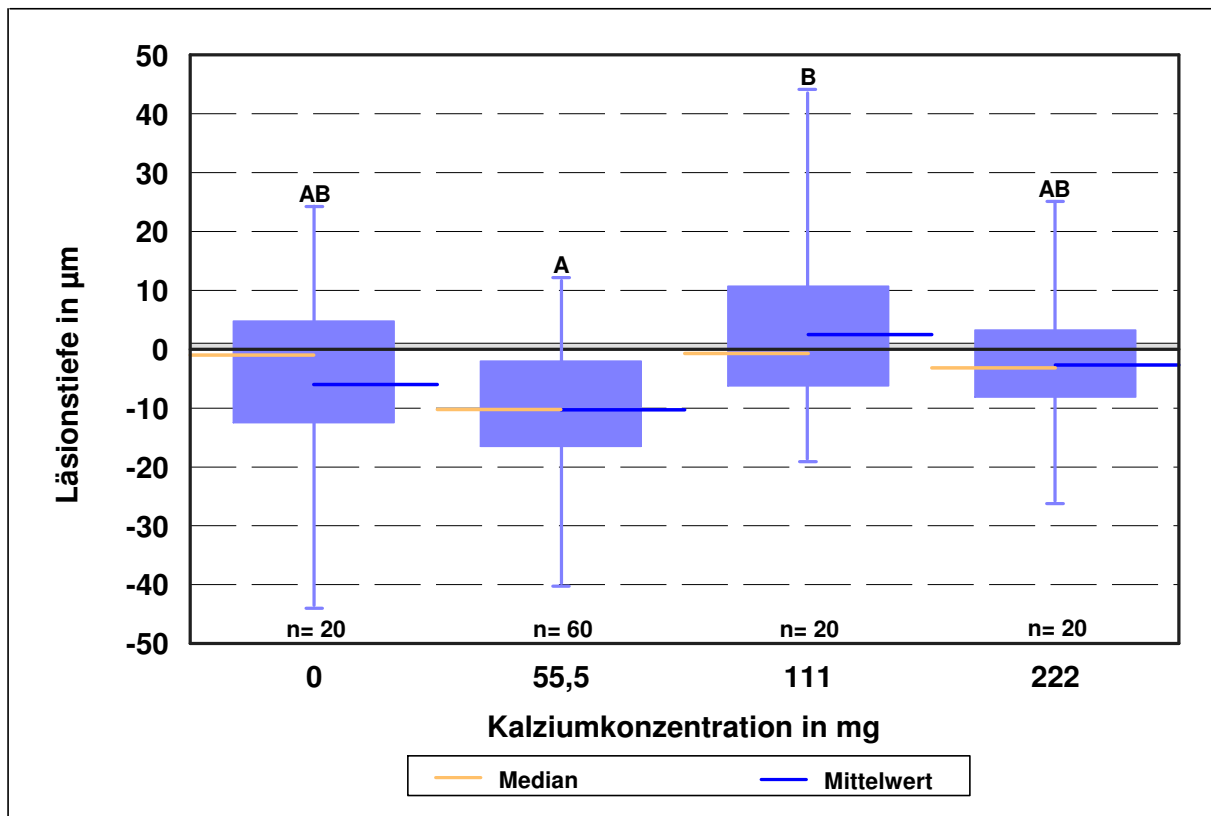


Abbildung 9: Box-and-whisker-plots der Läsionstiefen (μm) mit den jeweiligen Quartilen, sowie den Medianen (orange) und Mittelwerten (blau). Gruppen mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant voneinander ($p < 0,05$; Bonferroni).

5.2.3 Der Phosphateinfluss auf den Mineralverlust

Phosphat hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Änderung des Mineralverlustes (ALM; $p = 0,094$). Die Änderung des Mineralverlustes (d.min) in Vol.% $\times \mu\text{m}$ in Abhängigkeit von der Phosphatkonzentration werden in der Darstellung 10 mittels Box-and-whisker-plots gezeigt. Aus der Darstellung wird ersichtlich, dass die Lösungen mit hohen Phosphatkonzentrationen (222 mg/l und 444 mg/l) einen signifikanten Einfluss auf den Mineralverlust im Vergleich zu der Lösung ohne Phosphat hatten (ANOVA, Bonferroni; $p < 0,05$).

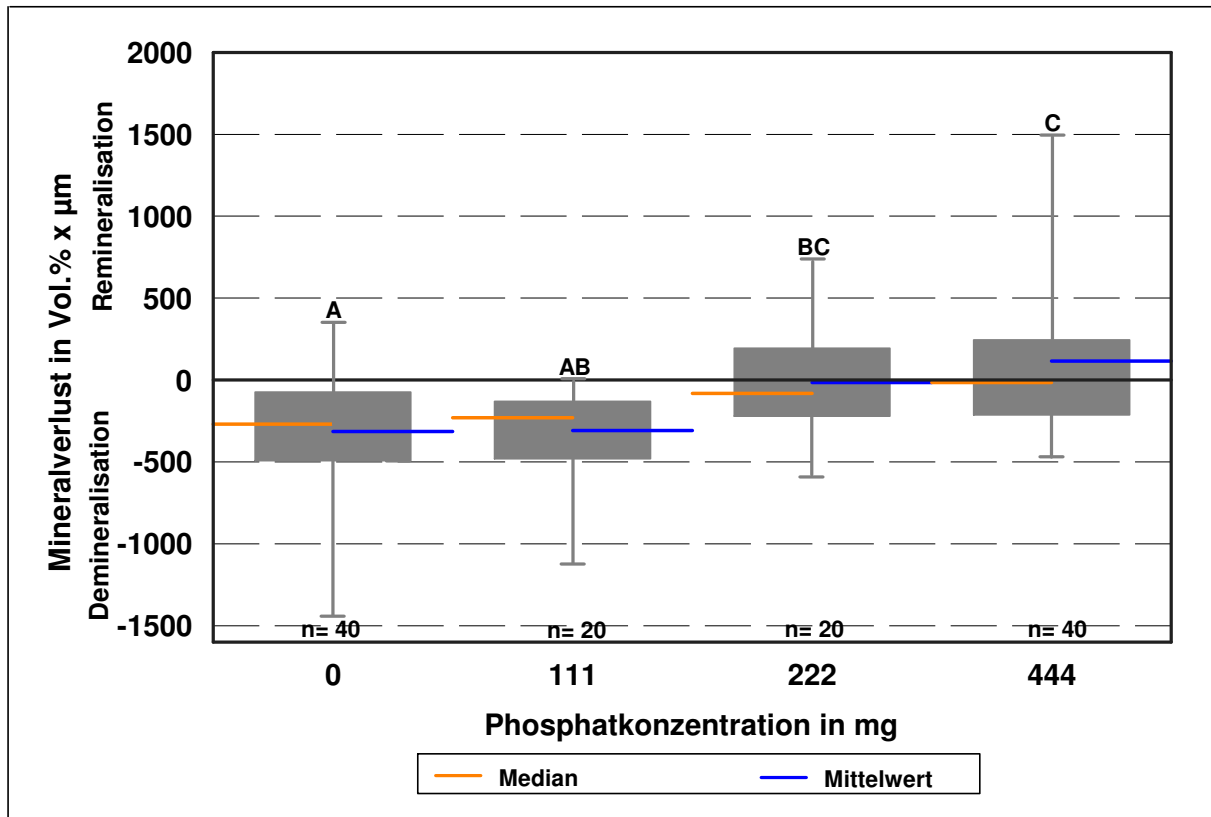


Abbildung 10: Box-and-whisker-plots des Mineralverlusts (Vol.% x µm), mit den jeweiligen Quartilen, sowie den Medianen (orange) und Mittelwerten (blau). Gruppen mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant voneinander ($p < 0,05$; Bonferroni).

5.2.4 Der Phosphateinfluss auf die Läsionstiefe

Phosphat hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Läsionstiefen (ALM; $p = 0,206$). In der Abbildung 11 sind die Änderungen der Läsionstiefen (d.lt) in µm in Abhängigkeit von den unterschiedlichen Phosphatmengen dargestellt. Der Vergleich mit ANOVA zeigt signifikante Unterschiede zwischen der Gruppe mit 222 mg/l Phosphat im Vergleich zu den Gruppen mit 0 mg/l und 111 mg/l Phosphat (Bonferroni).

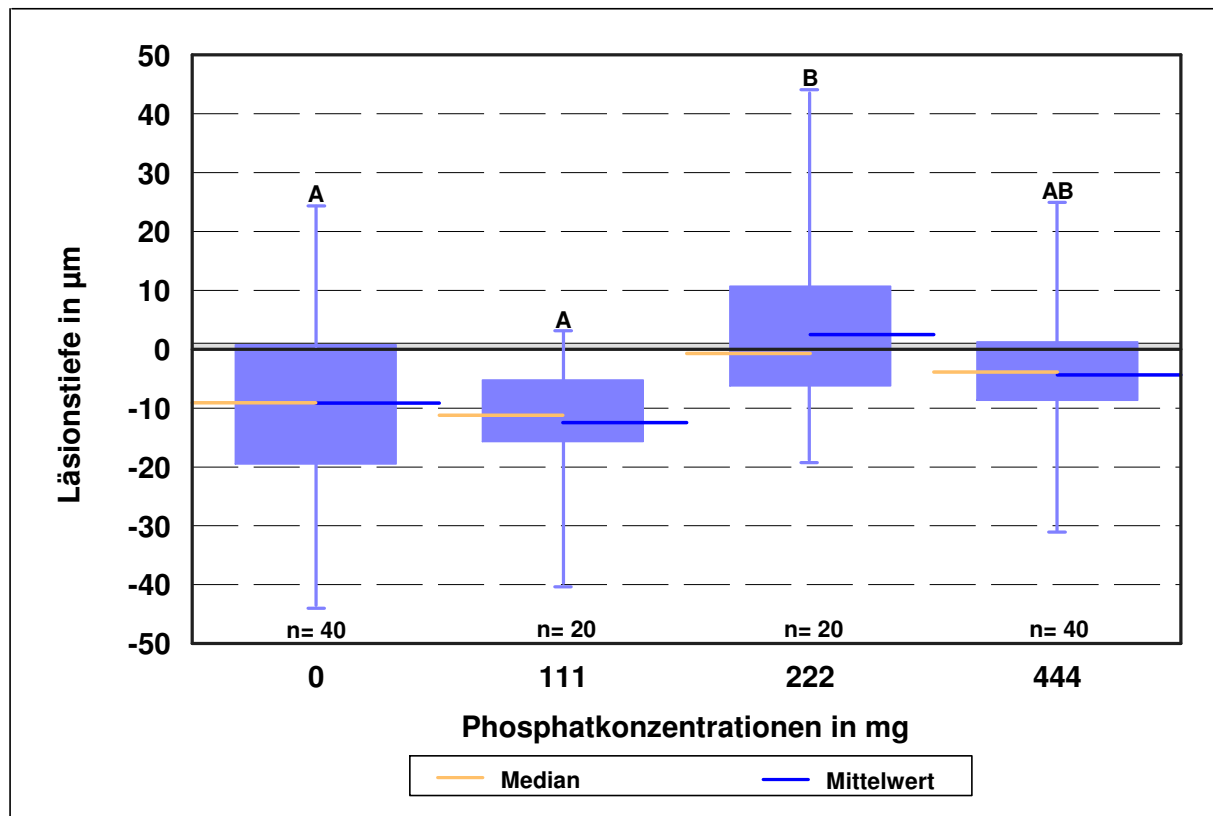


Abbildung 11: Box-and-whisker-plots der Läsionstiefen (μm), mit den jeweiligen Quartilen, sowie den Medianen (orange) und Mittelwerten (blau). Gruppen mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant voneinander ($p < 0,05$; Bonferroni).

5.2.5 Der pH-Werteinfluss auf den Mineralgehalt

Der pH-Wert hatte keinen Einfluss auf die Änderung des Mineralverlustes (ALM; $p = 0,397$). In Abbildung 12 wurde als Box-and-whisker-plots die Änderung des Mineralverlustes (in Vol.% $\times \mu\text{m}$) aller Gruppen mit dem gleichen pH-Wert zusammengefasst. Die Graphik zeigt, dass sich die Ergebnisse der beiden Gruppen mit unterschiedlichen pH-Werten nicht signifikant unterscheiden (ANOVA).

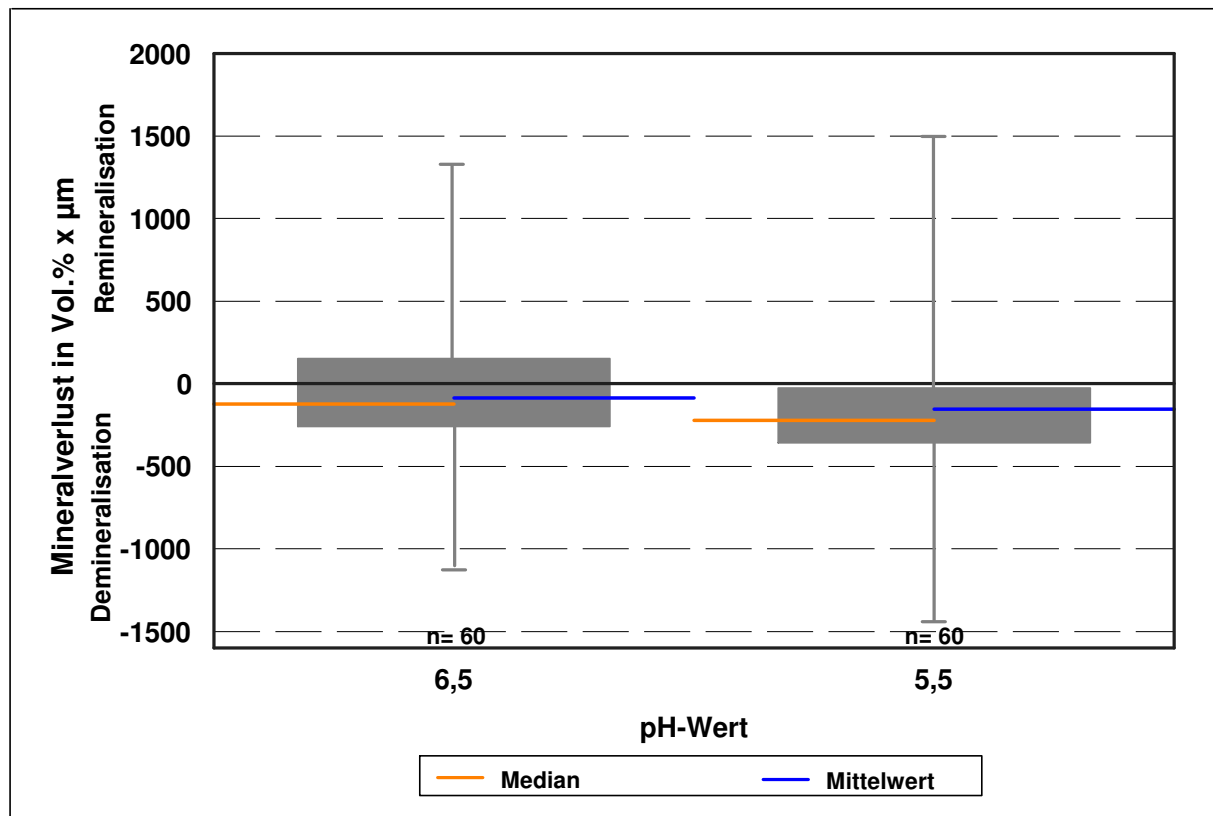


Abbildung 12: Box-and-whisker-plots des Mineralverlusts (Vol.% x µm), mit den jeweiligen Quartilen, sowie den Medianen (orange) und Mittelwerten (blau). Die Gruppen unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (ANOVA).

5.2.6 Der pH-Werteinfluss auf die Läsionstiefe

Der pH-Wert hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Läsionstiefen (ALM; $p = 0,967$). In den nächsten Box-and-whisker-plots (Abbildung 13) ist erkennbar, dass die unterschiedliche pH-Werteinstellung auf die Läsionstiefen, nach Lagerung in den Speichellersatzlösungen, keinen Einfluss hatte (ANOVA).

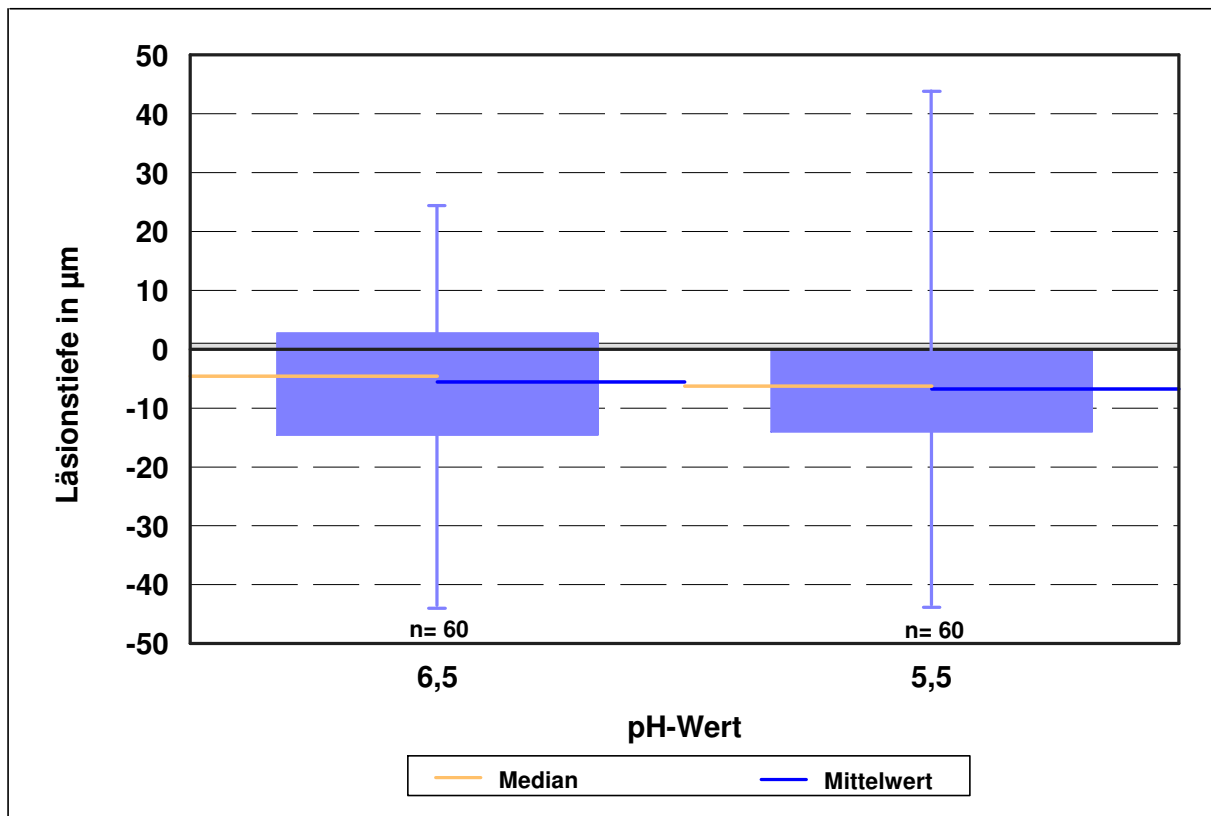


Abbildung 13: Box-and-whisker-plots der Läsionstiefen (μm), mit den jeweiligen Quartilen, sowie den Medianen (orange) und Mittelwerten (blau). Die Gruppen unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (ANOVA).

5.3 Ergebnisse der Elektrolytkonzentrationsmessungen

5.3.1 Fluorid- und Kalziumkonzentrationen

In Tabelle 7 sind die Mittelwerte ($n = 3$) und Standardabweichungen der Fluorid- und Kalziumkonzentrationsbestimmungen aufgeführt. Untersucht wurden für die Fluorid- und Kalziummessung jeweils vier unterschiedliche Lösungsansätze. Die Leinsamenbasislösung wurde ausschließlich mit den Konservierungsmitteln angesetzt. Die anderen drei Speicheleratzmittel unterscheiden sich hinsichtlich der Höhe der Elektrolytkonzentrationen.

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass die Basislösung bereits Fluorid enthält und die Summe der vorhandenen und der zugegebenen Menge gemessen werden konnte. Bei der Kalziummessung ist erkennbar, dass ein großer Teil des zusätzlich beigemischten Kalziums nicht messbar war.

Tabelle 7: Mittelwerte (\bar{x}) und Standardabweichungen (SD) der Fluorid- und Kalziumkonzentrationen der Leinsamenbasis und drei weiterer Gruppen

Gruppe	NaF (mg/l)	CaCl ₂ (mg/l)	KH ₂ PO ₄ (mg/l)	Fluoridkonzentration (mg/l)		Kalziumkonzentration (mg/l)	
				\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
I	-	-	-	1,59	0,21	114	1,5
Basis	-	-	-	1,23	0,13	65	5,5
VI	4,4	55,5	111	3,22	0,12	84	3,4
XII	4,4	222	444			147	20

5.3.2 Phosphatkonzentrationen

In Tabelle 8 sind die Mittelwerte ($n = 6$) und Standardabweichungen der Phosphatkonzentrationen sechs unterschiedlicher Gruppen aufgeführt. Ersichtlich ist, dass trotz erheblicher Erhöhung der Phosphatkonzentration (**XII/a**) nur geringe Mengen gemessen werden konnten. Nur bei Gruppe **XII/b**, wo kein zusätzliches Kalzium der Lösung zugegeben wurde, stieg die Menge des gemessenen Phosphates an.

Tabelle 8: Die Mittelwerte (\bar{x}) und Standardabweichungen (SD) der Phosphatkonzentrationen der Leinsamenlösung sowie fünf weiterer Gruppen. Wobei Gruppe **XII/a** die vierfache Phosphatmenge zur ursprünglichen Gruppe **XII** enthält und Gruppe **XII/b** ohne Kalzium hergestellt wurde

Gruppe	NaF (mg/l)	CaCl ₂ (mg/l)	KH ₂ PO ₄ (mg/l)	Phosphatkonzentration (mg/l)	
				\bar{x}	SD
I	-	-	-	754	121
Basis	-	-	-	354	91
VI	4,4	55,5	111	408	102
XII	4,4	222	444	414	87
XII/a	4,4	222	1776	466	75
XII/b	4,4	-	444	537	194

5.4 Die Sättigungsgrade der gemessenen Elektrolytkonzentrationen

In Tabelle 9 sind die anhand des Computerprogramms ION-PRODUCT® (SHELLIS 1988) berechneten Sättigungsgrade der verschiedenen Speicheleratzmittel dargestellt.

Die Sättigungsgrade (DS) von fünf verschiedenen Gruppen wurden aufgeführt. Mittels einer Elektrode wurden die Elektrolytkonzentrationen bestimmt. Ein DS > 1 bedeutet eine Übersättigung zugunsten des Salzkomplexes. Ersichtlich ist, dass die Sättigung bezüglich OCP, HAP und FA durch den pH-Wert beeinflusst wurde. Die Werte hinsichtlich des entstandenen CaF₂ unterschieden sich jedoch nur gering.

Tabelle 9: Die mittels einer Ionenelektrode gemessenen Fluorid-, Kalzium- und Phosphatkonzentrationen in mM und die zugehörigen berechneten Sättigungsgrade der einzelnen Gruppen

Gruppe	DS				Ca (mM)	PO ₄ (mM)	F (mM)	pH
	OCP	HAP	FA	CaF ₂				
I	2,7	11,2	40	0,53	2,9	7,9	0,084	6,3
VI	2,4	10,9	40,4	0,68	2,1	4,3	0,169	6,5
VII	0,7	2,2	10,2	0,70	2,1	4,3	0,169	5,5
XII	3,5	16,5	60,6	0,88	3,7	4,2	0,169	6,5
XIII	0,9	3,3	15,4	0,89	3,7	4,2	0,169	5,5

OCP= Oktakalziumphosphat, HAP= Hydroxyapatit, FA= Fluorapatit, CaF₂= Kalziumfluorid

5.5 Die Sättigungsgrade der theoretisch in den Lösungen enthaltenen Elektrolytkonzentrationen

In Tabelle 10 sind die berechneten Sättigungsgrade aller 13 Speicheleratzmittel aufgeführt. Die Elektrolytkonzentrationen sind die Werte, welche theoretisch in den Lösungen enthalten sind. Es wurden die Konzentrationen der gemessenen Leinsamenbasis und die jeweils zugegebenen Konzentrationen addiert.

Tabelle 10: Die theoretisch in den Lösungen vorhandenen Fluorid-, Kalzium- und Phosphatkonzentrationen in mM und die zugehörigen berechneten Sättigungsgrade

Gruppe	DS				Ca (mM)	PO ₄ (mM)	F (mM)	pH
	OCP	HAP	FA	CaF ₂				
I	2,7	11,2	40	0,53	2,9	7,9	0,084	6,3
II	2,1	9,2	34	0,62	1,6	3,7	0,165	6,5
III	0,6	1,8	8,5	0,64	1,6	3,7	0,165	5,5
IV	2,3	10,6	39,2	0,68	2,1	3,7	0,165	6,5
V	0,6	2,1	9,8	0,69	2,1	3,7	0,165	5,5
VI	2,5	11,2	41,3	0,67	2,1	4,5	0,165	6,5
VII	0,7	2,1	10,4	0,69	2,1	4,5	0,165	5,5
VIII	2,8	12,4	45,0	0,66	2,1	6,9	0,165	6,5
IX	0,8	2,5	11,8	0,68	2,1	6,9	0,165	5,5
X	2,9	13,0	47,9	0,72	2,6	5,3	0,165	6,5
XI	0,8	2,6	12,2	0,74	2,6	5,3	0,165	5,5
XII	3,6	16,4	60,2	0,78	3,6	6,9	0,165	6,5
XIII	1,0	3,3	15,6	0,80	3,6	6,9	0,165	5,5

OCP= Oktakalziumphosphat, HAP= Hydroxyapatit, FA= Fluorapatit, CaF₂= Kalziumfluorid

5.6 Die Ergebnisse der Viskositätsbestimmung

In der folgenden Tabelle sind die ermittelten Viskositätswerte von drei verschiedenen Gruppen aufgeführt. Die Messung zeigt, dass das kommerziell erhältliche Produkt Salinum[®] eine relativ hohe Viskosität im Vergleich zu den anderen Gruppen aufweist. Außerdem ist ersichtlich, dass sich die Viskosität bei der Zugabe von Elektrolyten minimal verringert.

Tabelle 11: Die Viskositäten dreier Gruppen

Gruppe	Viskosität (mm ² /s)
Salinum [®]	27,80
Leinsamenbasis	5,97
XII	5,34

5.7 Qualitative Auswertung

Mit Hilfe der TMR-Software wurde das Ausmaß des Mineralverlustes und der Läsionstiefen dargestellt und berechnet. In Abbildung 14 ist der typische Verlauf der zweier unterschiedlicher Messkurven dargestellt. Hierbei zeigt die Graphik **A** das Mikroradiogramm des demineralisierten Schmelzes einer Probe und Bild **B** die Messkurve nach der Demineralisation und der anschließenden Lagerung in dem Speichelersatzmittels. In diesem Fall lagerte die Schmelzprobe in dem kommerziell erhältlichen Speichelersatzmittel Salinum[®] (Gruppe I).

- Messkurve **A**: Bei der demineralisierten Probe lag der Mineralverlust bei 1525 Vol.% x μm und die Läsionstiefe bei 89,2 μm .
- Messkurve **B**: Hier ist der deutlich erhöhte Mineralverlust von 3563 Vol.% x μm und eine Läsionstiefe von 158,6 μm erkennbar.

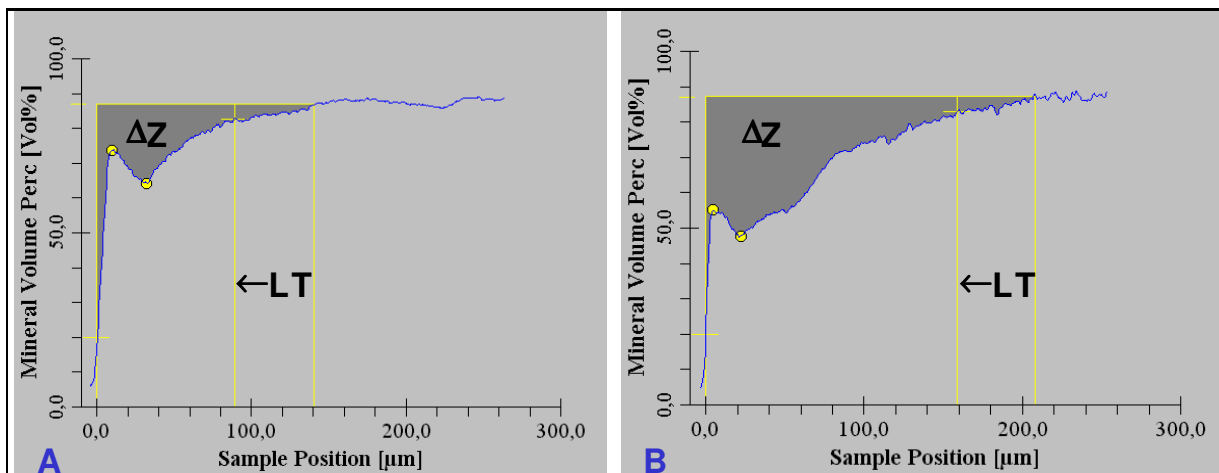


Abbildung 14: Darstellung des Mineralverlustes (ΔZ) und der Läsionstiefe (LT) mit dem TMR-Programm.

In Abbildung 15 sind ebenfalls zwei Messkurven eines Mikroradiogramms einer demineralisierten und anschließend in der potenziell remineralisierenden Speichelersatzlösung (**XII**) gelagerten Schmelzprobe aufgeführt. Die Bilder **A** und **B** zeigen wieder den demineralisierten und dem der Speichelersatzlösung ausgesetzten Bereich.

- Messkurve **A**: Hier wurde ein Mineralverlust von 1544 Vol.% x μm und eine Läsionstiefe von 67,0 μm errechnet.
- Messkurve **B**: Nach Lagerung der demineralisierten Schmelzprobe in diesem Speichelersatzmittel reduzierte sich der Mineralverlust auf 1182 Vol.% x μm und die Läsionstiefe auf 65,2 μm .

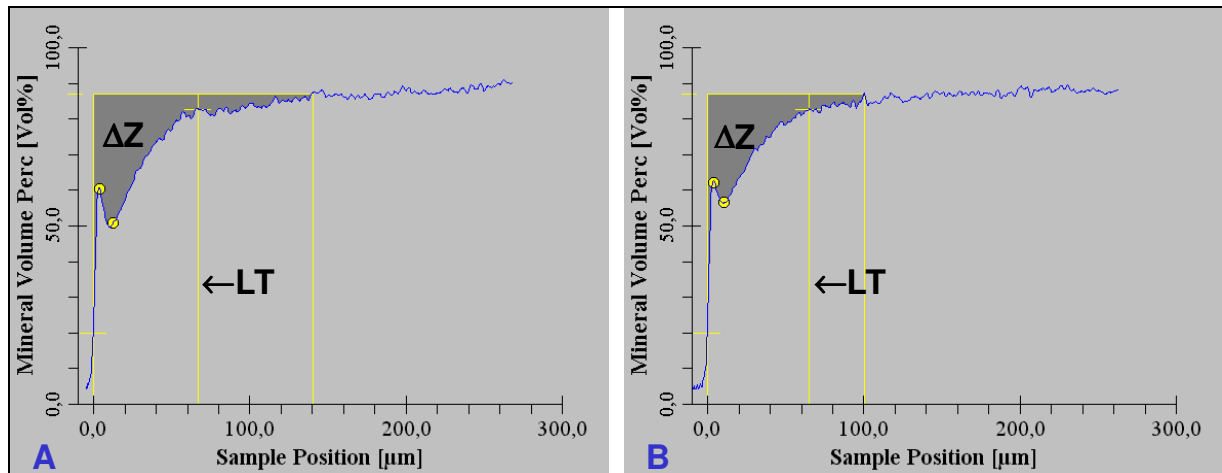


Abbildung 15: Darstellung des Mineralverlustes (ΔZ) und der Läsionstiefe (LT) mit dem TMR-Programm.