



Bundesamt
für Strahlenschutz

Anlage

zum Ressortforschungsbericht zum Strahlenschutz

Wirkung von Fern-UVC-Strahlung auf sensitive menschliche Haut: Induktion von DNA-Schäden

Vorhaben 3622S32430

Elbe Kliniken Stadt-Buxtehude GmbH,
Labor für Molekulare Zellbiologie/Dermatologie

1 Anhang zu Abschlussbericht AP3 zu Ressortforschungsprojekt FKZ 3622S32430 UVC

Tabelle 1: Bestrahlungsstärke und Bestrahlungszeiten mit Quelle USHIO Care222 von UV-Medico für UVC₂₂₂.

		Messung 222 nm		Bestrahlungszeit				
				30 J/m ²	300 J/m ²	1000 J/m ²	2000 J/m ²	
Datum	Tage	Detektor Check	Bestrahlungsstärke [W/m ²]	Zeit [s]	Zeit [min]	Zeit [min]	Zeit [min]	Höhe Check
22.06.2023	0	✓	2,1	14,4	2,4	8,0	16,0	✓
29.06.2023	7	✓	2,0	15,0	2,5	8,3	16,7	✓
30.06.2023	8	✓	2,1	14,4	2,4	8,0	15,9	✓
04.07.2023	12	✓	2,1	14,6	2,4	8,1	16,3	✓
13.07.2023	21	✓	2,0	15,2	2,5	8,4	16,8	✓
18.08.2023	57	✓	2,1	14,4	2,4	8,0	16,0	✓
22.09.2023	92	✓	2,1	14,5	2,4	8,1	16,1	✓
05.10.2023	105	✓	1,9	15,9	2,6	8,8	17,6	✓
21.12.2023	182	✓	1,9	16,0	2,7	8,9	17,7	✓
08.02.2024	231	✓	1,9	16,0	2,7	8,9	17,7	✓
16.02.2024	239	✓	1,9	16,2	2,7	9,0	18,0	✓
08.03.2024	260	✓	2,0	15,1	2,5	8,4	16,8	✓
21.03.2024	273	✓	2,0	15,2	2,5	8,4	16,8	✓
23.04.2024	306	✓	1,9	15,6	2,6	8,7	17,4	✓
30.05.2024	343	✓	1,8	16,3	2,7	9,1	18,1	✓
31.05.2024	344	✓	1,8	16,3	2,7	9,1	18,1	✓

Tabelle 2: Bestrahlungsstärke und Bestrahlungszeiten mit Quelle VL-6.C der Firma Vilber für UVC₂₅₄.

		Messung 254 nm		Bestrahlungszeit				
				30 J/m ²	300 J/m ²	1000 J/m ²	2000 J/m ²	
Datum	Tage	Detektor Check	Bestrahlungsstärke [W/m ²]	Zeit [s]	Zeit [min]	Zeit [min]	Zeit [min]	Höhe Check
22.06.2023	0	✓	1,9	16	2,6	8,8	17,5	✓
29.06.2023	7	✓	1,9	16	2,6	8,8	17,5	✓
30.06.2023	8	✓	1,9	16	2,6	8,8	17,5	✓
04.07.2023	12	✓	1,9	16	2,6	8,8	17,5	✓
13.07.2023	21	✓	1,8	17	2,8	9,3	18,5	✓
18.08.2023	57	✓	1,7	18	2,9	9,8	19,6	✓
22.09.2023	92	✓	1,7	18	2,9	9,8	19,6	✓
05.10.2023	105	✓	1,6	19	3,2	10,5	21,1	✓
21.12.2023	182	✓	1,5	20	3,4	11,3	22,5	✓
08.02.2024	231	✓	1,4	21	3,5	11,7	23,3	✓
16.02.2024	239	✓	1,4	21	3,5	11,7	23,3	✓
08.03.2024	260	✓	1,5	20	3,3	11,0	22,1	✓
21.03.2024	273	✓	1,5	20	3,4	11,2	22,4	✓
23.04.2024	306	✓	1,4	21	3,5	11,8	23,6	✓
30.05.2024	343	✓	1,5	21	3,4	11,4	22,8	✓
31.05.2024	344	✓	1,5	20	3,4	11,3	22,7	✓

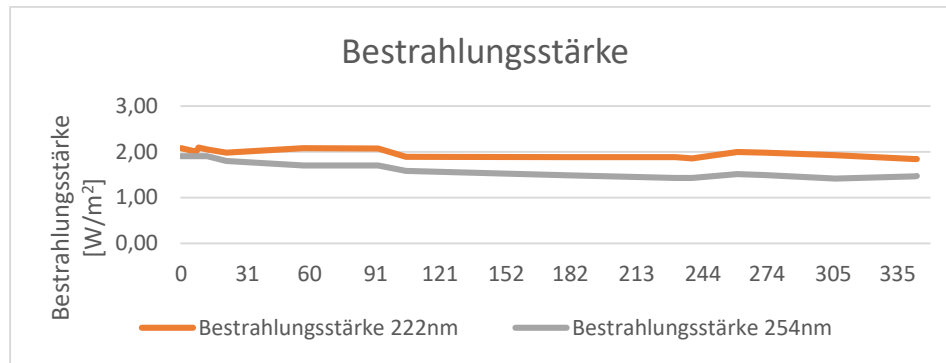


Abbildung 1: Abnahme der Bestrahlungsstärke [W/m²] über die Zeit.

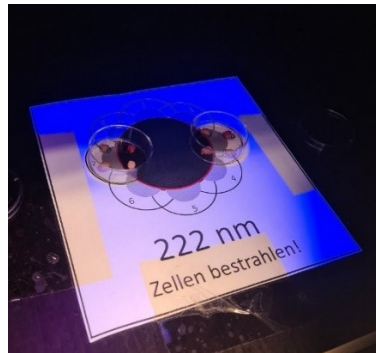


Abbildung 2: Exemplarische Bestrahlung von kindlichen Vorhautproben mit Quelle USHIO Care222 von UV-Medico.

Tabelle 3: Grüne Fluoreszenzintensitäten „Mean-G“ [a.u.] in der Basalzellschicht kindlicher Vorhäute.

basal	control	222 nm [J/m ²]				254 nm [J/m ²]			
Haut-Nr.	0	30	300	1000	2000	30	300	1000	2000
1	1,06	1,34	1,01	1,39	1,20	1,18	2,36	2,29	1,75
2	1,18	0,94	1,16	1,14	0,72	1,16	1,38	1,24	0,84
3	0,93	0,93	1,09	0,77	0,86	0,86	0,71	1,18	1,35
4	0,39	0,10	0,15	0,20	0,10	0,28	0,51	0,73	0,36
5	0,78	1,12	0,67	1,91	2,37	2,20	2,84	2,87	1,56
6	1,03	1,09	0,88	1,32	0,75	1,19	1,13	1,94	1,08
7	1,06	0,65	0,62	0,81	0,97	0,45	0,79	0,83	1,42
8	1,19	1,05	0,84	1,12	1,01	1,09	0,54	1,04	0,12
9	1,91	1,88	1,39	2,10	2,09	1,93	1,86	1,94	2,20
10	0,13	0,99	0,20	0,23	0,24	0,49	0,85	1,24	0,08
Mittelwert	0,97	1,01	0,80	1,10	1,03	1,08	1,30	1,53	1,08
Stabw.N	0,46	0,43	0,38	0,60	0,68	0,58	0,77	0,66	0,68

Tabelle 4: Grüne Fluoreszenzintensitäten „Mean-G“ [a.u.] in der suprabasalen Zellschicht kindlicher Vorhäute.

suprabasal	control	222 nm [J/m ²]				254 nm [J/m ²]			
Haut-Nr.	0	30	300	1000	2000	30	300	1000	2000
1	1,06	2,00	1,61	1,77	1,54	1,87	5,56	13,00	12,07
2	1,01	0,98	1,00	1,13	0,70	1,29	2,78	2,10	4,09
3	0,82	0,85	0,98	0,82	0,90	2,23	2,05	10,60	11,50
4	0,58	0,32	0,39	0,51	0,01	0,78	6,93	10,78	12,25
5	0,89	1,23	1,20	2,17	4,52	3,20	10,56	20,22	11,57
6	1,29	1,05	1,49	2,22	0,99	2,83	5,82	14,17	7,22
7	1,06	0,84	0,79	1,03	1,28	2,03	4,59	11,68	9,14
8	1,00	1,05	0,79	1,63	1,28	1,82	1,32	11,10	6,60
9	2,58	1,87	1,45	2,58	3,02	3,64	6,44	14,96	20,75
10	0,10	1,37	0,41	0,31	0,59	1,15	5,52	7,87	7,87
Mittelwert	1,04	1,16	1,01	1,42	1,48	2,08	5,16	11,65	10,31
Stabw.N	0,60	0,47	0,41	0,73	1,26	0,87	2,55	4,47	4,34

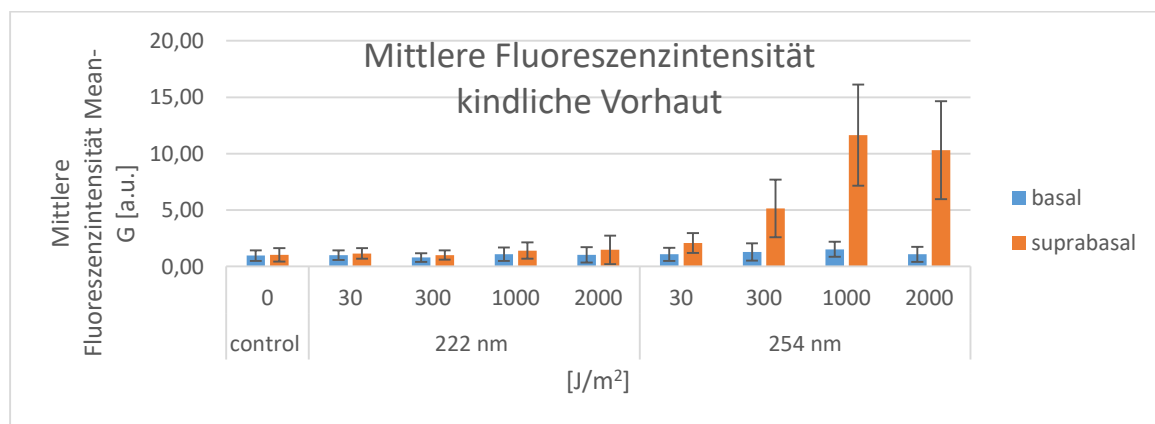


Abbildung 3: Graphische Darstellung der grünen Fluoreszenzintensitäten „Mean-G“ [a.u.] in der basalen (blaue Balken) und suprabasalen Zellschicht (orange Balken) kindlicher Vorhäute.

Tabelle 5: Fluoreszenzintensitäten „Mean-G“ [a.u.] in der Basalzellschicht von Altershautproben.

basal	control	222 nm [J/m ²]				254 nm [J/m ²]			
Haut-Nr.	0	30	300	1000	2000	30	300	1000	2000
1	0,37	0,20	0,16	1,21	1,50	1,53	2,24	6,26	2,43
2	0,79	1,06	1,47	1,16	1,95	1,20	0,99	1,83	3,71
3	2,75	2,46	2,60	2,61	2,76	2,21	3,41	12,74	30,69
4	1,17	0,86	0,84	1,57	1,93	0,74	1,30	4,32	1,18
5	0,46	0,22	0,28	0,32	0,05	0,43	0,98	10,10	12,85
7	1,73	1,52	1,01	0,63	0,93	1,57	0,78	2,49	0,74
8	2,28	2,22	1,50	1,80	1,14	1,17	3,32	2,35	8,88
9	1,62	2,09	1,96	1,93	2,28	2,47	2,94	7,80	9,34
10	1,58	1,52	1,65	1,26	1,65	1,80	2,18	2,49	6,62
11	1,34	1,42	1,30	1,46	1,49	1,37	1,58	2,56	4,91
12	1,19	0,57	1,13	0,78	0,75	1,32	0,37	1,67	13,44
Mittelwert	1,41	1,36	1,28	1,39	1,57	1,45	1,97	5,29	8,14
Stabw.N	0,72	0,74	0,70	0,62	0,72	0,59	0,94	3,61	8,37

Tabelle 6: Fluoreszenzintensitäten „Mean-G“ [a.u.] in der suprabasalen Zellschicht von Altershautproben.

suprabasal	control	222 nm [J/m ²]				254 nm [J/m ²]			
Haut-Nr.	0	30	300	1000	2000	30	300	1000	2000
1	0,36	0,41	0,25	1,18	1,79	2,31	8,08	16,28	17,74
2	0,83	1,05	1,67	1,41	2,48	1,60	2,22	6,89	11,51
3	2,36	1,61	2,21	2,64	2,26	4,47	8,39	20,02	33,83
4	1,21	0,96	0,93	1,81	2,28	1,31	7,20	25,32	3,22
5	0,67	0,53	0,40	0,52	0,10	1,50	6,74	24,23	27,08
7	1,61	0,81	0,99	0,61	0,55	3,97	4,12	12,93	3,98
8	1,77	1,87	1,26	2,57	1,77	3,09	14,88	6,67	18,50
9	1,77	2,33	1,81	2,38	2,61	4,95	10,03	22,07	31,07
10	1,45	1,27	1,56	1,49	2,49	3,19	9,04	11,47	32,61
11	1,33	1,32	1,39	1,45	1,76	1,76	9,84	16,15	19,83
12	1,06	0,64	0,84	1,27	1,19	2,34	2,66	14,29	38,63
Mittelwert	1,34	1,22	1,25	1,60	1,81	2,81	8,05	16,20	19,94
Stabw.N	0,56	0,57	0,59	0,71	0,81	1,25	3,27	6,38	10,68

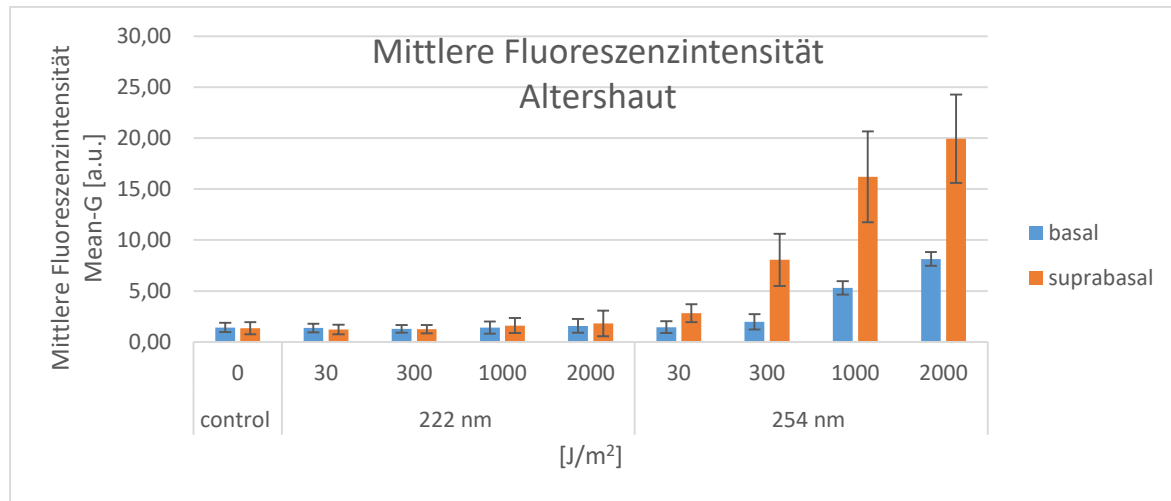


Abbildung 4: Graphische Darstellung der Fluoreszenzintensitäten „Mean-G“ [a.u.] in der basalen (blaue Balken) und suprabasalen Zellschicht (orange Balken) von Altershautproben.

Tabelle 7: Verwendete Werte (99,9. Perzentil) der Fluoreszenzintensität zur Bestimmung CPD-positiver Zellkerne in kindlicher Vorhaut. Zellkerne mit Fluoreszenzintensitäten oberhalb dieser Werte wurden als CPD-positiv gewertet. In Probe 5, 7, 8 und 10 lag das suprabasale 99,9. Perzentil aufgrund hoher Hintergrundfärbung sehr hoch. Um keine CPD-positiven Zellkerne zu verfehlen, wurde daher zur Bestimmung CPD-positiver Kerne der Wert der basalen Kontrolle verwendet (siehe Bemerkung).

Haut-Nr.	99,9. Perzentil Kontrolle basal [a.u.]	99,9. Perzentil Kontrolle suprabasal [a.u.]	Bemerkung
1	3,955	3,971	
2	4,069	3,910	
3	2,187	2,839	
4	4,347	4,347	
5	3,052	13,224	Verwendet wurde nur das basale Perzentil 3,052
7	5,401	14,654	Verwendet wurde nur das basale Perzentil 5,401
8	3,209	13,793	Verwendet wurde nur das basale Perzentil 3,209
9	3,553	3,1515	
10	8,661	25,636	Verwendet wurde nur das basale Perzentil 8,661
11	0,697	1,082	

Tabelle 8: Verwendete Werte (99,9. Perzentil) der Fluoreszenzintensität zur Bestimmung CPD-positiver Zellkerne in Altershaut. Zellkerne mit Fluoreszenzintensitäten oberhalb dieser Werte wurden als CPD-positiv gewertet.

Haut-Nr.	99,9. Perzentil Kontrolle basal [a.u.]	99,9. Perzentil Kontrolle suprabasal [a.u.]
1	2,677	4,168
2	4,785	6,361
3	10,271	9,124
4	6,670	6,225
5	2,255	2,429
7	6,191	5,952
8	9,528	5,059
9	3,475	6,871
10	3,950	4,329
11	2,590	4,106
12	3,591	8,383

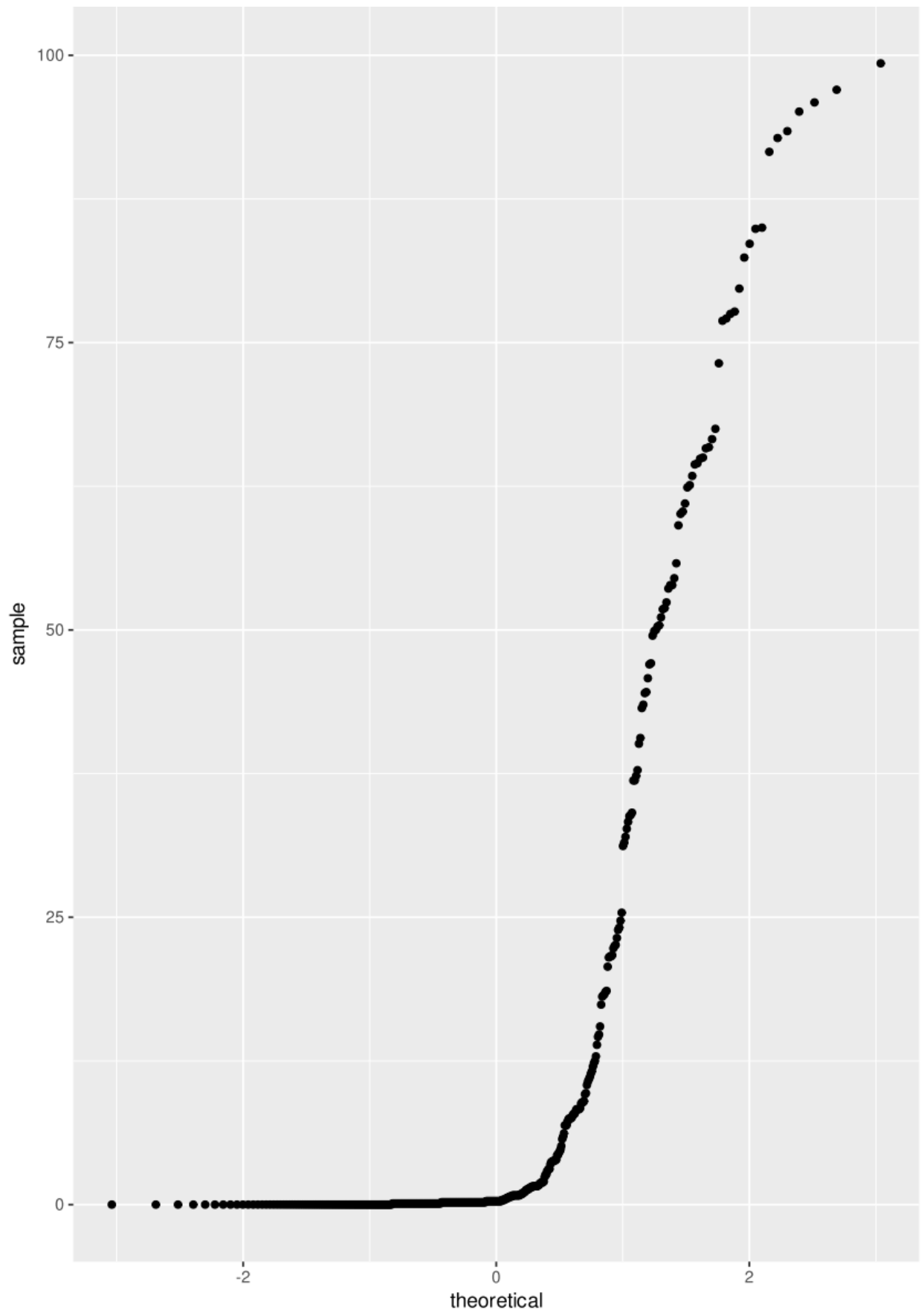


Abbildung 5: Verteilung der Gesamt-Daten (dargestellt als Quantil-Quantil-Diagramm) zur Überprüfung ob Normalverteilung vorliegt.

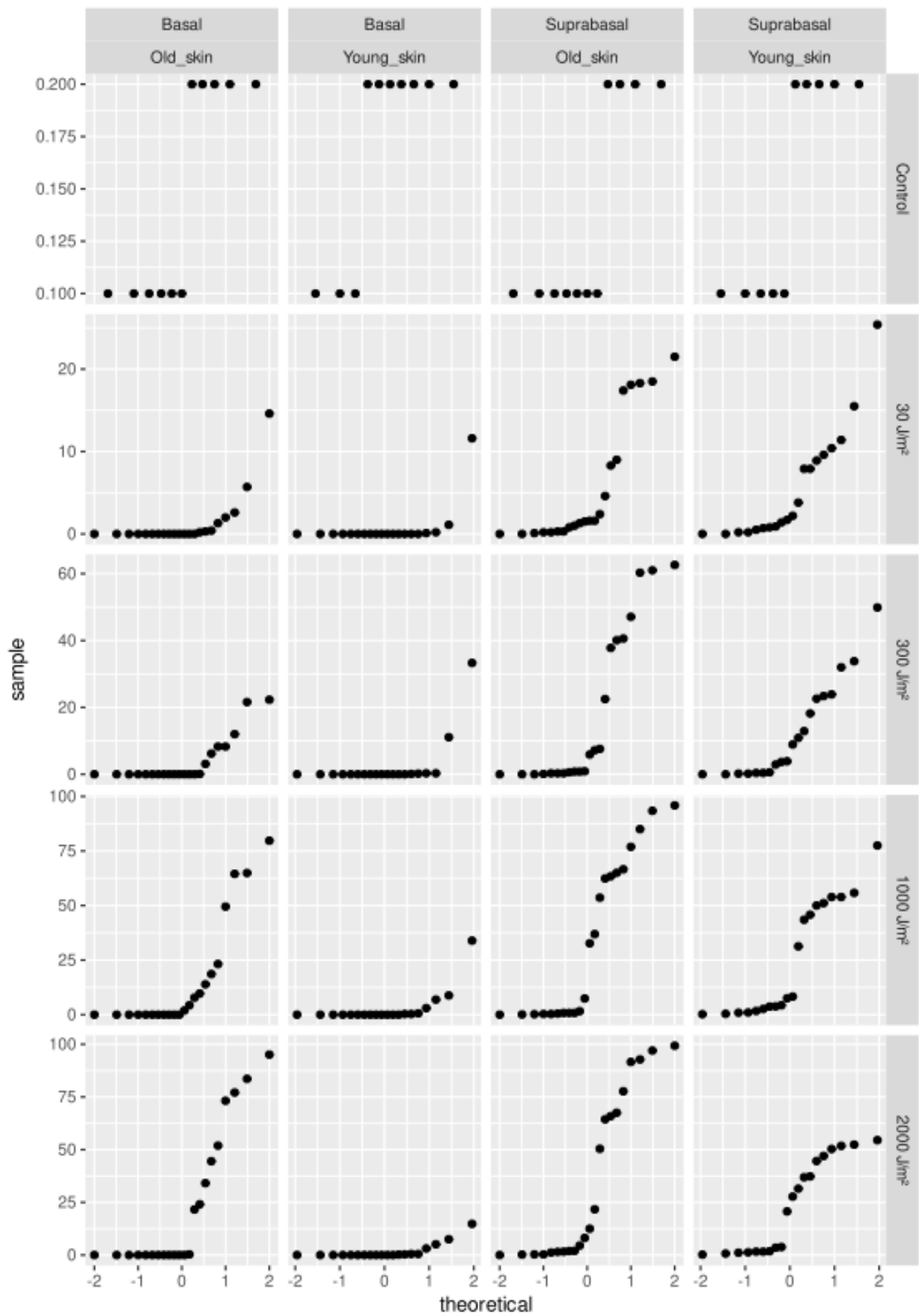
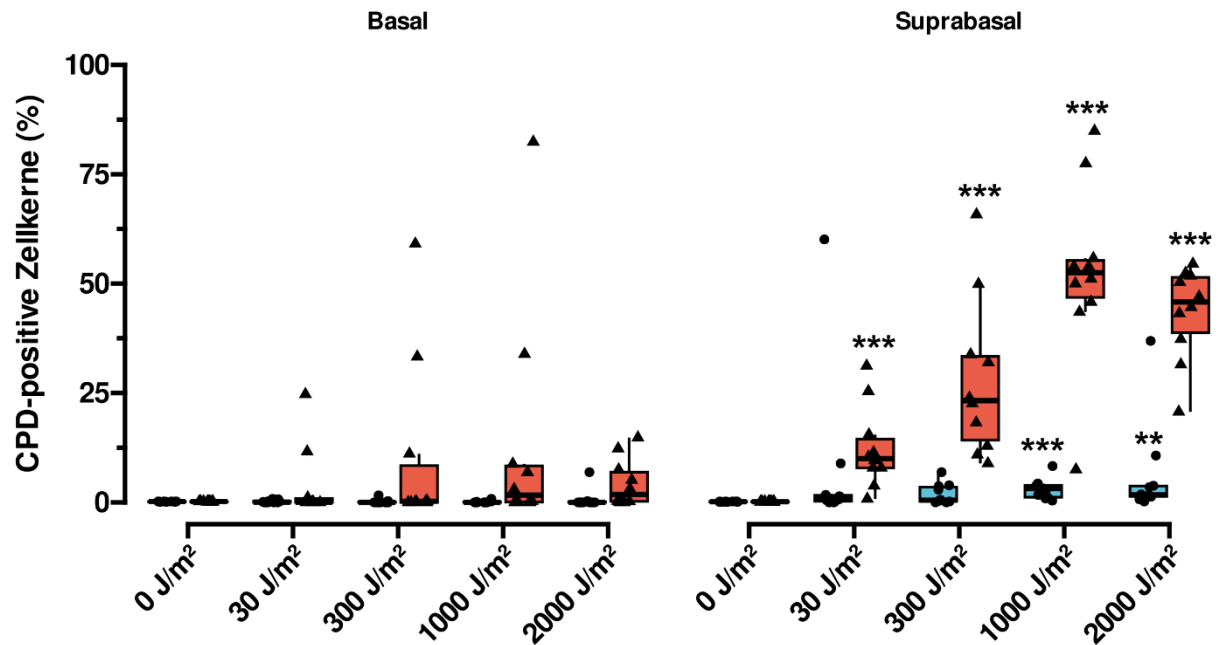
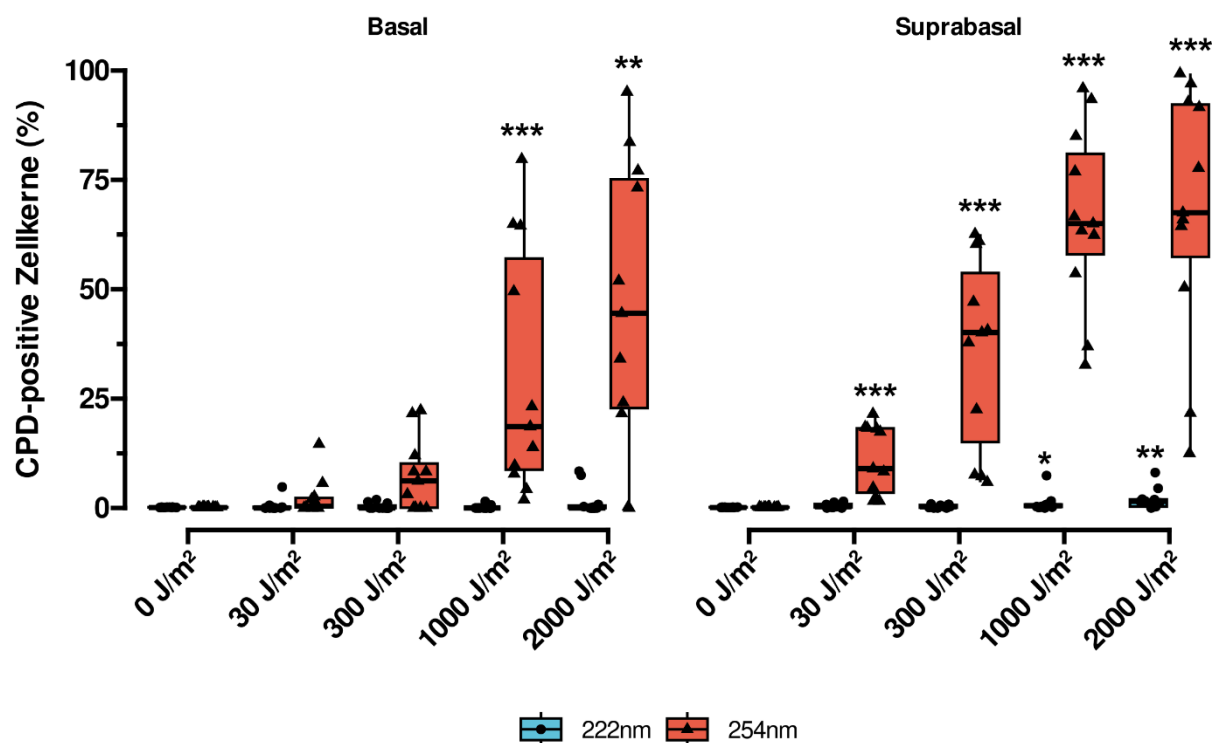


Abbildung 6: Verteilung der Daten (dargestellt als Quantil-Quantil-Diagramme)) zur Überprüfung ob Normalverteilung vorliegt.

A



B



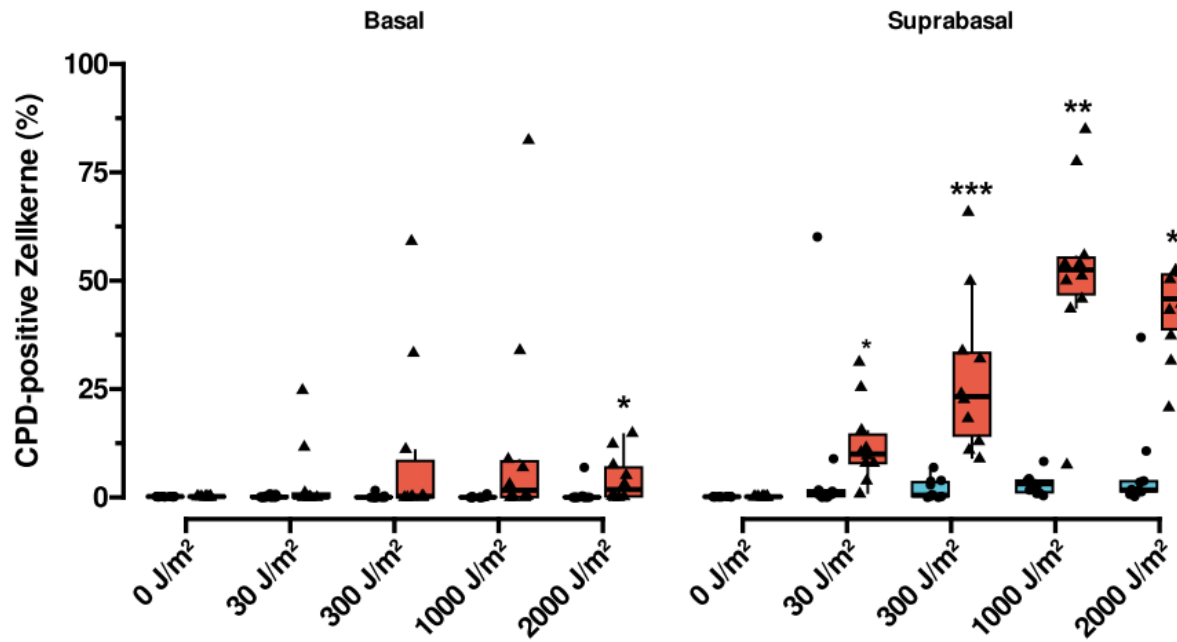
A: Junge Haut

B: Alte Haut

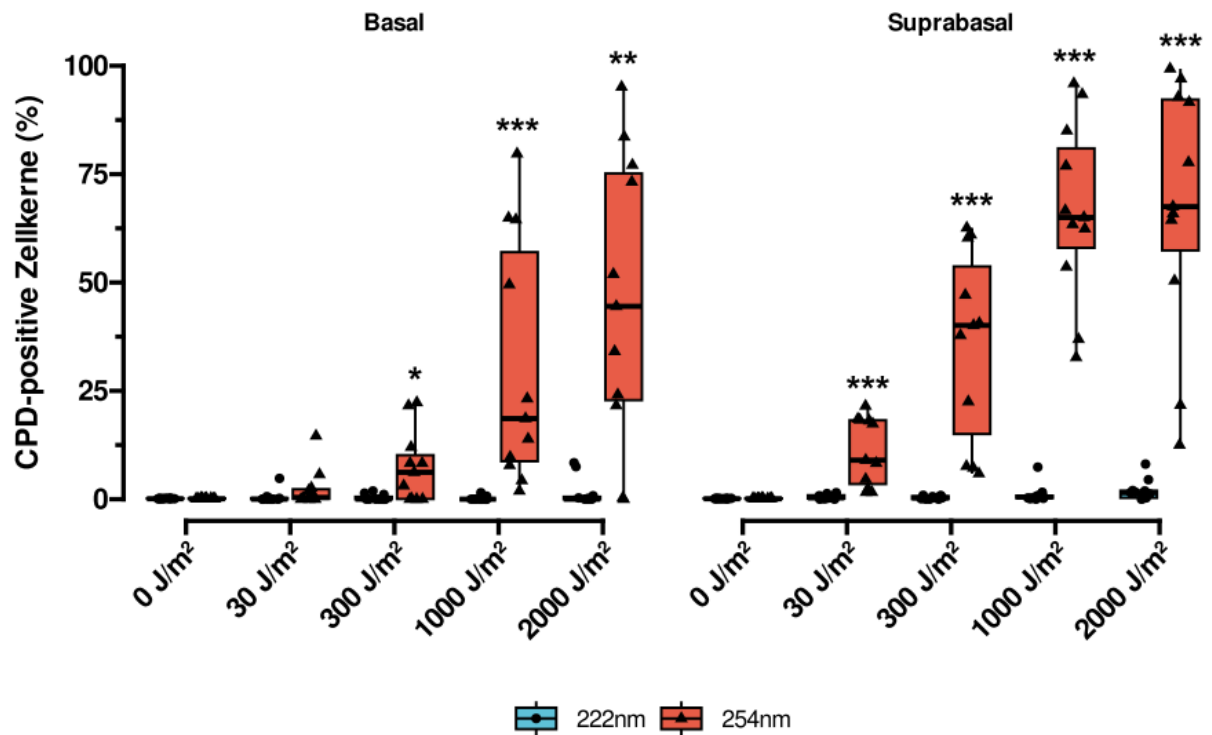
Wilcoxon-Test vs. Kontrolle, FDR-adjustiert

Abbildung 7: Anteil CPD-positiver Zellkerne (%) in den entsprechenden Schichten der Epidermis (Basalzellschicht linke Seite und suprabasale/suprapapilläre Zellschicht rechte Seite) kindlicher Vorhaut (A) und Altershaut (B) nach Bestrahlung mit den angegebenen Dosen von UVC₂₂₂ und UVC₂₅₄ im Vergleich zur Kontrolle; der Vergleich zwischen den Gruppen erfolgte mittels Wilcoxon-Rangsummentest `wilcoxon_test()`; P-Werte wurden mittels false discovery rate (FDR) Adjustierung korrigiert ($p < 0.05$: *, $p < 0.01$: **, $p < 0.001$: ***).

A



B



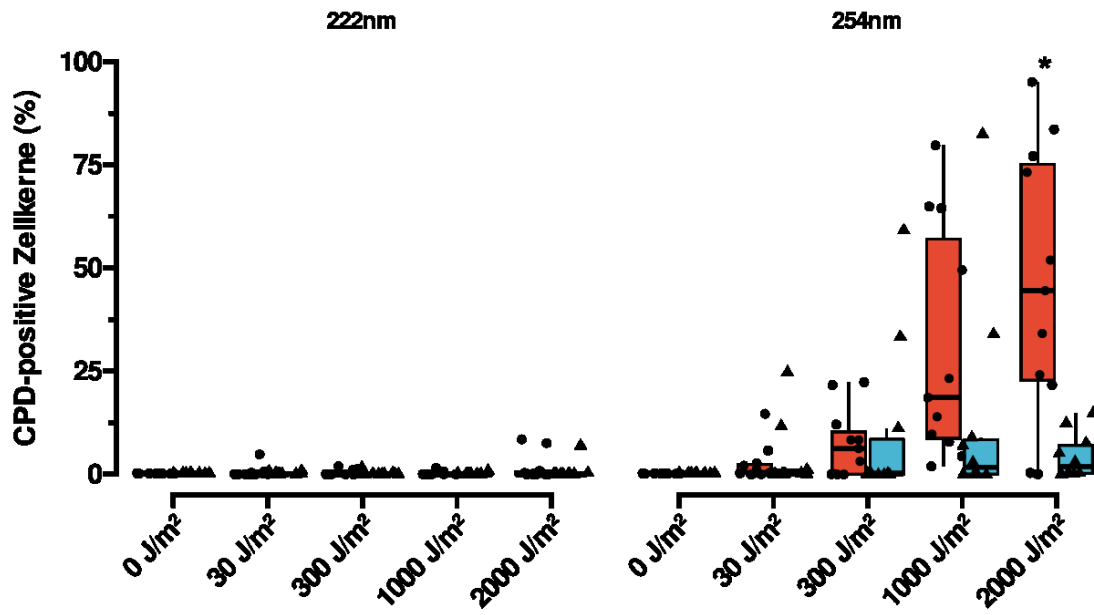
A: Junge Haut

B: Alte Haut

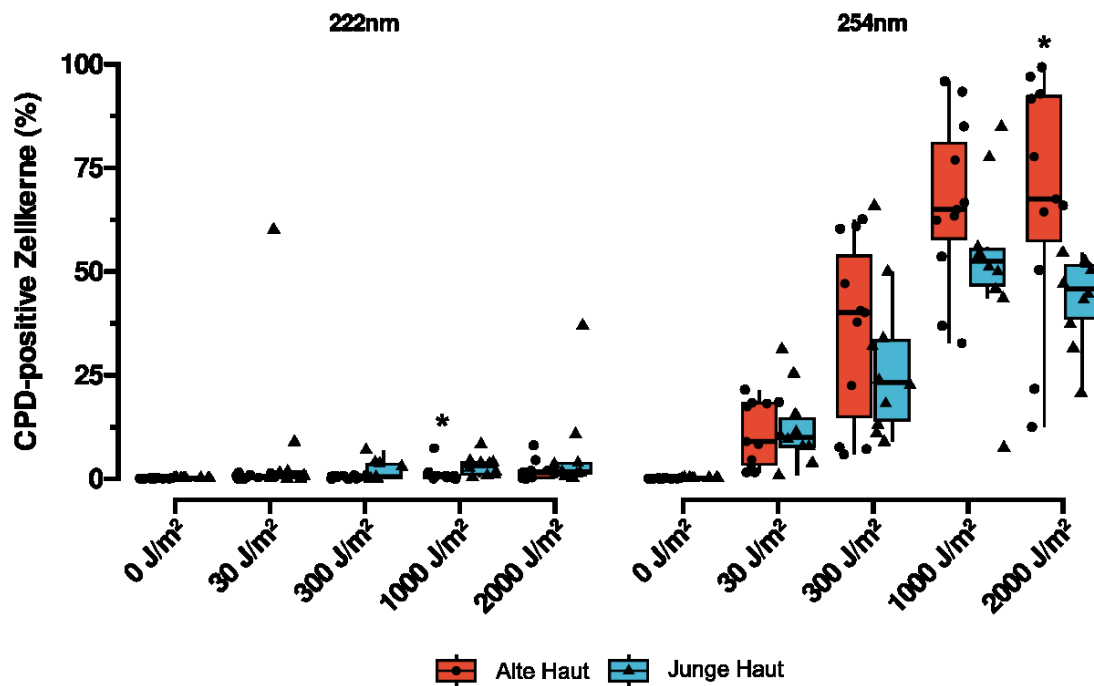
Wilcoxon-Test 254nm vs. 222nm, FDR-adjustiert

Abbildung 8: Vergleich der Anteile CPD-positiver Zellkerne (%) zwischen der Bestrahlung mit 222nm gegen 254nm sowohl basal als auch suprabasal in junger (A) und alter Haut (B). Der Vergleich zwischen den Gruppen erfolgte mittels Wilcoxon-Rangsummentest `wilcoxon_test()`; P-Werte wurden mittels false discovery rate (FDR) Adjustierung korrigiert ($p < 0.05$: *; $p < 0.01$: **; $p < 0.001$: ***).

A



B

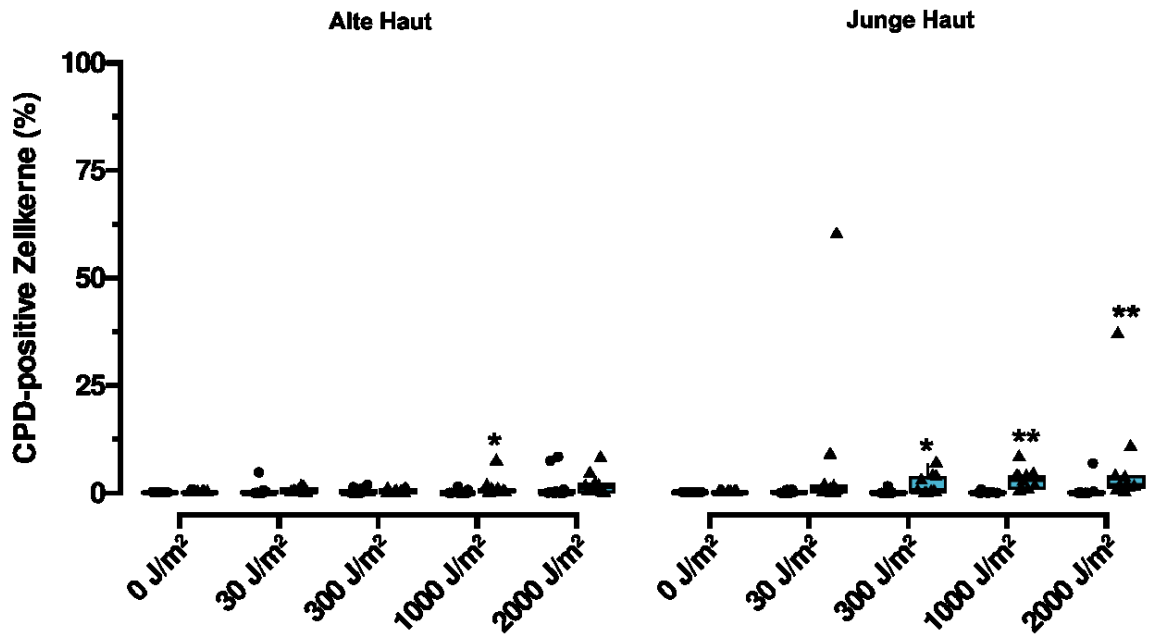


A: Basal

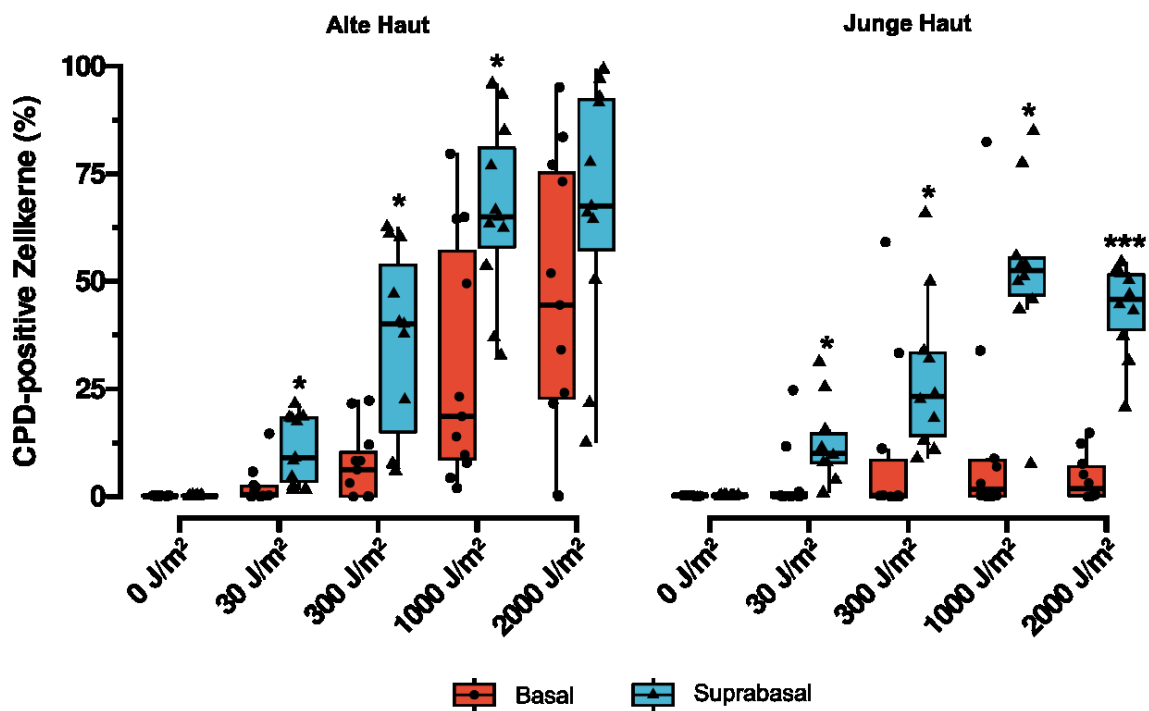
B: Suprabasal

Abbildung 9: Vergleich der Anteile CPD-positiver Zellkerne (%) zwischen junger (A) und alter Haut (B). Der Vergleich zwischen den Gruppen erfolgte mittels Wilcoxon-Rangsummentest `wilcoxon_test()`; P-Werte wurden mittels false discovery rate (FDR) Adjustierung korrigiert ($p < 0.05$: *, $p < 0.01$: **, $p < 0.001$: ***).

A



B

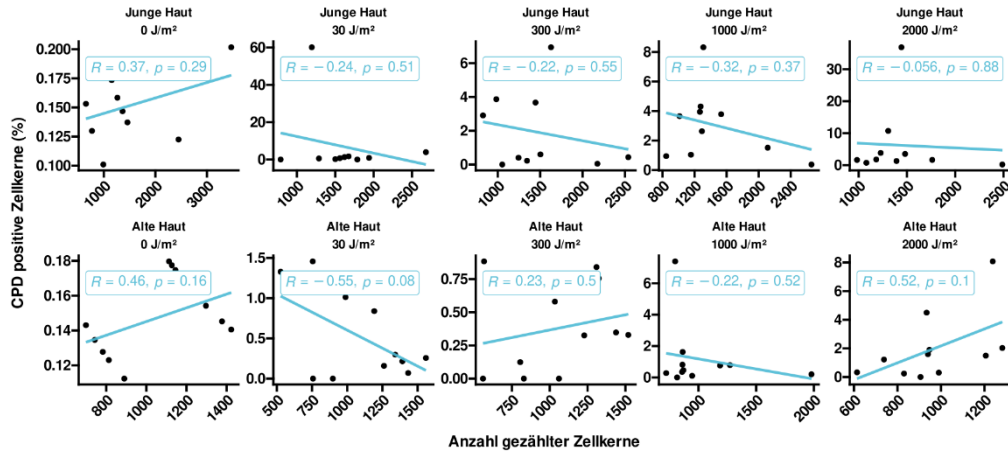


A: 222nm

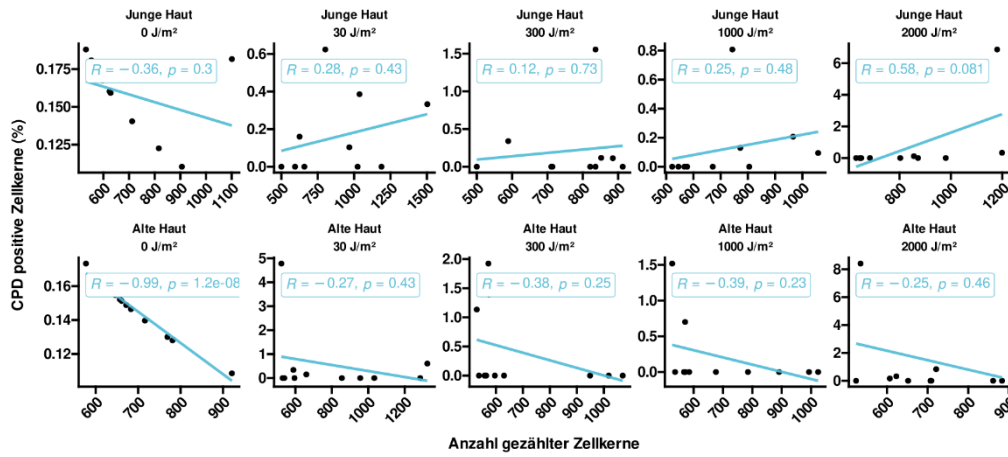
B: 254 nm

Abbildung 10: Vergleich der Anteile CPD-positiver Zellkerne (%) zwischen basaler und suprabasaler Zellschicht junger und alter Haut nach Bestrahlung mit 222 nm (A) und 254 nm (B). Der Vergleich zwischen den Gruppen erfolgte mittels Wilcoxon-Rangsummentest `wilcoxon_test()`; P-Werte wurden mittels false discovery rate (FDR) Adjustierung korrigiert ($p < 0.05$: *; $p < 0.01$: **; $p < 0.001$: ***).

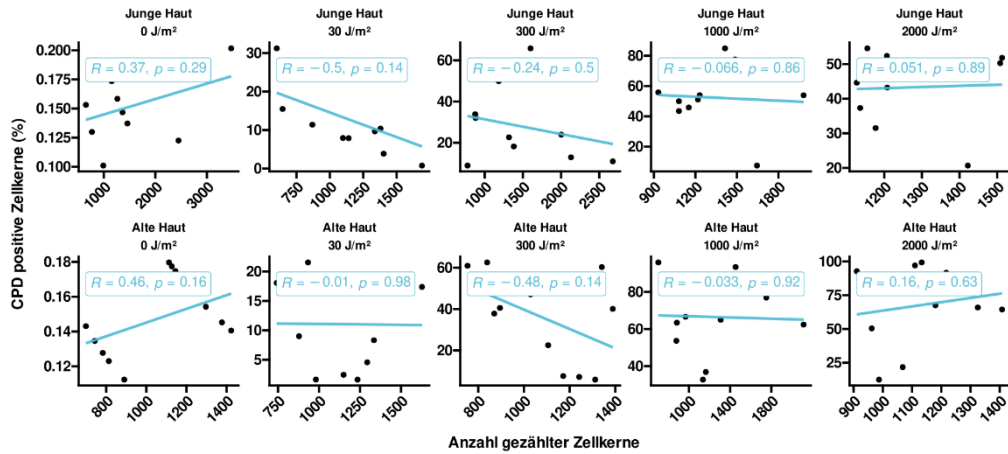
A



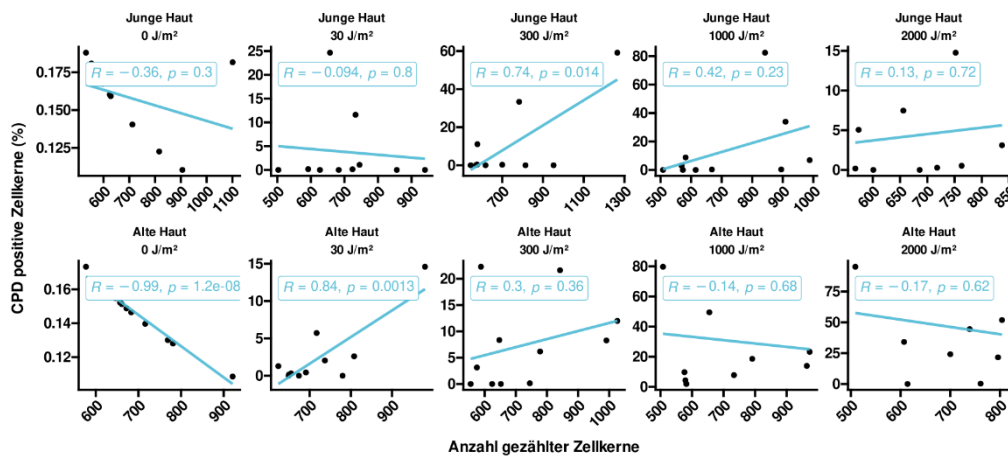
B



C



D



A: 222nm suprabasal; B: 222nm basal; C: 254nm suprabasal; D: 254nm basal

Abbildung 11: Ausschluss eines möglichen Einflusses der Anzahl gezählter Zellkerne (basal vs. suprabasal) auf die Anzahl CPD-positiver Zellkerne; getestet wurde mittels linearer Regression und Pearson-Korrelation (`ggpubr::stat_cor()`). Die Korrelationskoeffizienten sowie die dazugehörigen P-Werte sind in den Grafiken der jeweiligen Bedingungen abgebildet.