

Zeitschrift: Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse

Herausgeber: Schweizerische Botanische Gesellschaft

Band: 55 (1945)

Artikel: Der Einfluss von Röntgen- und Ultraviolettstrahlen auf Vicia faba equina

Autor: Brunner, Paul

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-39190>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 15.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Der Einfluß von Röntgen- und Ultraviolettrahmen auf *Vicia Faba equina*.

Von *Paul Brunner*, aus Niederwil (St. Gallen).

Eingegangen am 30. Juli 1945.

Inhaltsübersicht.

I. Einleitung	281
II. Methodik	282
III. Einfache Bestrahlungsversuche mit <i>Vicia Faba equina</i>	286
1. Der Einfluß von Röntgenstrahlen auf <i>Vicia Faba equina</i>	286
2. Der Einfluß von Ultraviolettrahmen auf <i>Vicia Faba equina</i>	288
IV. Summationsversuche mit <i>Vicia Faba equina</i>	289
1. Die theoretische Addition	289
2. Der Einfluß von Röntgen- und nachfolgenden Ultraviolettrahmen auf <i>Vicia Faba equina</i>	291
3. Der Einfluß von Ultraviolettrahmen und nachfolgenden Röntgenstrahlen auf <i>Vicia Faba equina</i>	293
4. Der gleichzeitige Einfluß von Röntgen- und Ultraviolettrahmen auf <i>Vicia Faba equina</i>	294
5. Die spezifische Summationswirkung	295
V. Fehlerberechnung	298
VI. Zusammenfassung	301
VII. Literaturverzeichnis	303

I. Einleitung.

Es war von jeher das Hauptproblem der Strahlenbiologie, den Einfluß einer bestimmten Dosis von Röntgen- und Ultraviolettrahmen am menschlichen und pflanzlichen Organismus im Endeffekt genau zu erfassen.

Die besondere Eignung von *Vicia Faba* var. *equina* L. (Pferdebohne) als biologisches Objekt für diese Untersuchungen wurde erstmals durch Koernické (6) erkannt und in der Folge von zahlreichen Autoren bestätigt.

Die vorliegende Arbeit bildet die Fortsetzung von Versuchen, wie sie seit einer Reihe von Jahren am Röntgeninstitut der Universität Bern (Prof. Dr. A. Liechti) durchgeführt werden.

So befaßte sich Salzmann (10) mit der Wirkung von Röntgenstrahlen auf die Wurzelkeimlinge der Pferdebohne im allgemeinen. Er stellte bei kleinen Röntgendosen bis 50 r eine Wachstumsbeschleunigung, über 50 r eine hemmende Wirkung bei den Keimlingen fest. Durch Einschaltung verschiedener Intensitäten während gewissen Zeitinter-

vallen gelang es D o e l k e n (2), die Reiz- und Schädigungsschwelle der Röntgenstrahlen gegenüber *Vicia Faba equina* noch bestimmter zu ermitteln. Das ganze Problem, besonders auch der Einfluß des Zeitfaktors für eine bestimmte Dosis war schon früher von H o l t h u s e n (5), Z u p p i n g e r (11) u. a., und in erschöpfender Weise von L i e c h t i (8) mit Ascarideneiern und Bakterien erörtert worden. H e r r e n (4) befaßte sich mit der Wirkung von UV-Strahlen verschiedener Wellenlänge auf *Vicia Faba equina*, während H a u s e r (3), in Anlehnung an die vorherigen Versuche, den Einfluß der Temperatur auf die Strahlenwirkung zu bestimmen suchte.

L e n h e r r (7) unternahm einen Additionsversuch. Sein Testobjekt, *Triticum vulgare*, wurde in einer ersten Versuchsanordnung mit Röntgen- und nachfolgend mit Ultraviolettrstrahlen behandelt. Dann erfolgten einige Varianten : UV- und Röntgen-Nachbestrahlung und in einer dritten Serie die gleichzeitige Applikation von Röntgen- und UV-Strahlen.

Es war daher gegeben, ähnliche Additionsversuche auf *Vicia Faba equina* zu übertragen. Wie bereits angedeutet, eignet sich die Pferdebohne in besonderer Weise für derartige strahlenbiologische Versuche : Das Material läßt sich ja jederzeit in hinreichender Menge beschaffen, so daß die nötige Versuchsbreite, wie sie zur Abklärung derartiger Fragen gefordert werden muß, ohne weiteres hergestellt ist. Die Homogenität der einzelnen Exemplare kann durch sorgfältige Auslese weitgehend erreicht werden. Die Empfindlichkeit für Strahlenarten ist optimal, und die Strahlenreaktion läßt sich leicht quantitativ erfassen.

Die Versuchsbedingungen weichen von jenen L e n h e r r s (7) insofern ab, als unsere Additionen auf gleichen äußeren Einflüssen basieren, d. h. die Summationsbestrahlungen erfolgten gleichzeitig, neben-einander. Durch Addition der Einzelstrahlenwirkung von Röntgen- und UV-Licht versuchten wir die theoretische Additionskurve zu ermitteln.

II. Methodik.

Für jeden Versuch wurden zirka 250 ausgelesene, ungefähr gleich große Bohnen (*Vicia Faba equina*) ausgesondert und während 24 Stunden in Saatschalen mit frischem Leitungswasser zum Quellen gebracht. Der sorgfältigen Auslese muß ein besonderes Augenmerk geschenkt werden; auf Größe und Beschaffenheit des Materials ist unbedingt zu achten, sonst entstehen bereits hier die ersten Fehlerquellen.

Hernach brachten wir die gequollenen Samen in andere Schalen, die mit feuchtem, steriles Sägemehl angefüllt waren. Einige Lagen angefeuchtetes Fließpapier schützten überdies vor Austrocknung. Die Raumtemperatur betrug im Mittel 18° C. Nach einer Keimungszeit von 4 Tagen zeigten die entwickelten Pfahlwurzeln eine Länge von 5 bis 25 mm und konnten zur Bestrahlung vorbereitet werden.

Von den 250 ausgekeimten Bohnen wurden deren 72 für den eigentlichen Versuch ausgewählt, alles Exemplare mit mittelgroßen, annähernd gleich langen Wurzelbildungen. Es wurden 6 Gruppen mit je 12 homogenen Bohnen gebildet, wovon eine Serie als Kontrollversuch unbestrahlt blieb.

Um eine gleichmäßige Bestrahlung zu gewährleisten, ordneten wir je 10 Keimlinge jeder Gruppe auf Stickrähmchen mit gespanntem Zellophanpapier und einer Schicht feuchten Sägemehls radspeichenförmig an, so daß alle Wurzelspitzen gegen einen gemeinsamen Mittelpunkt strebten. (Vide Fig. 1.)

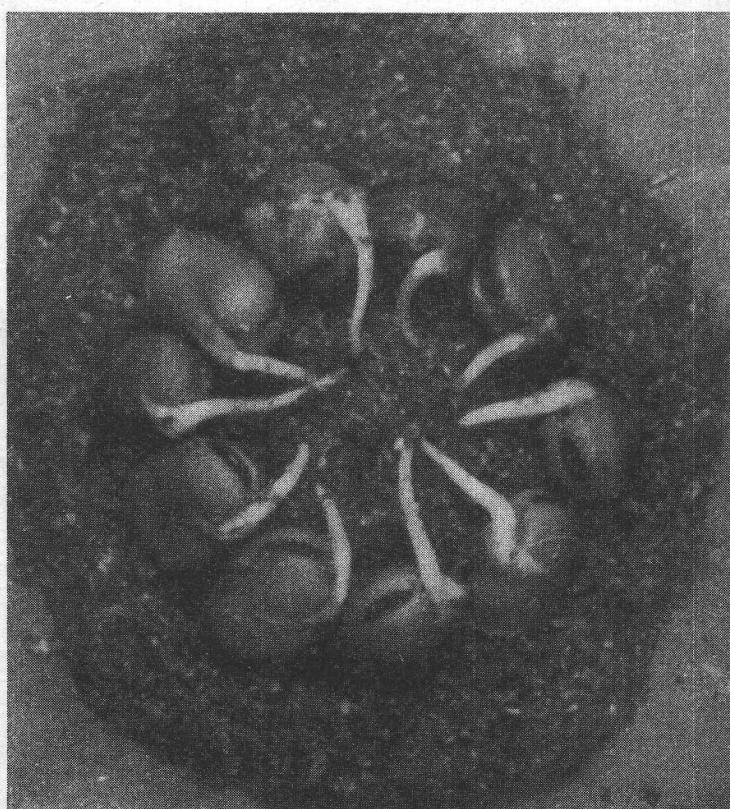


Fig. 1.

Versuchsserie von *Vicia Faba equina* auf einem Stickrähmchen, bereit zur Bestrahlung.

Durch diese Anordnung kamen nur die Zentralstrahlen zur Einwirkung. Angefeuchtetes Fließpapier schützte auch hier die Keimlinge vor und nach dem Experiment vor Wasserverlust. Die Versuchsanordnung war folgende :

Gruppe 1 erhielt : Rö.-Strahlen *allein*.

- » 2 » : Rö.- und *nachfolgend* UV-Strahlen.
- » 3 » : Rö.- und UV-Strahlen *gleichzeitig*.
- » 4 » : UV- und Rö.-Strahlen *nachfolgend*.
- » 5 » : UV-Strahlen *allein*.

Die Bestrahlungsdosis für Röntgenapplikation führten wir mit 20, 50, 100 und 200 r durch. Unter Annahme der gleichen Einheitsbasen betragen die Zeiten für UV dementsprechend 20, 50, 100 und 200 Sekunden.

Auf die Versuchsserien mit Einzeldosis — Röntgen bzw. UV — wirkte jeweils die ganze Strahleneinheit ein, während die Gruppen mit Summationsbestrahlungen nur die Hälfte der Einzelstrahlenart erhielten. Demnach setzt sich z. B. die Dosis 100 (vide Abb. 3—7) aus 50 r + 50 Sekunden UV zusammen usw.

Für die UV-Bestrahlungen benützten wir die bekannten Hanauer Jubiläumslampen mit ganzem Spektrum, für die Rö.-Versuche einen Tiefentherapieapparat in Villard-Schaltung (50 kV, 3 mA, ohne Filter).

Die Röntgenquelle strahlte von unten und die UV-Lampe von oben gegen einen gemeinsamen Strahlenmittelpunkt, der auf einer Tischplatte genau eingezeichnet war. Die Versuchsobjekte kamen in diesen Mittelpunkt der beiden Strahlenkegel zu liegen.

Die Rö.-Strahlen wurden mit einem Siemens-Momentandosimeter

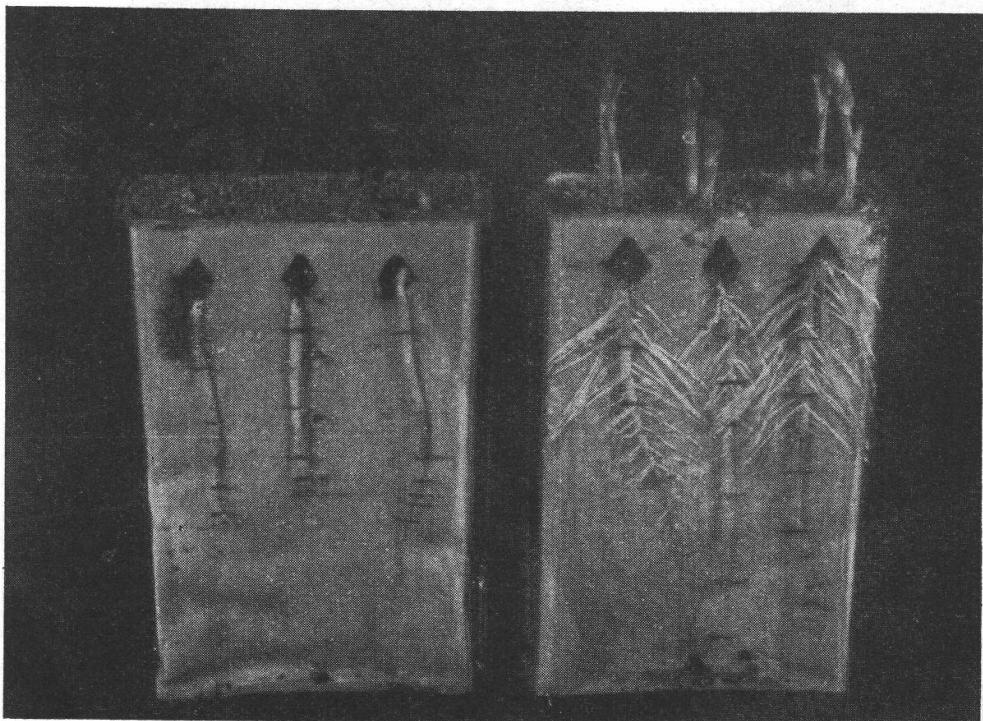


Fig. 2.

Gefäß für Wachstumskontrolle bestrahlter Keimlinge von *Vicia Faba equina*.

gemessen, während das UV mit Hilfe des Lichtzählers nach Liechti (8) registriert wurde.

Die bestrahlten Bohnenkeimlinge brachten wir sofort zu je 6 Stück

in Akkumulatorengläser, die mit feuchtem, steriles Sägemehl angefüllt waren. (Vide Fig. 2.)

Die Glasinnenwand ist mit Filtrierpapier ausgekleidet, das auf zwei Dritteln seiner Höhe 6 rautenförmige Schlitze aufweist. An diesen 6 symmetrischen Stellen wird zwischen Glaswand und Filtrierpapier ein Glasstab hinabgesteckt. Die keimende Bohne wird nun so neben den Schlitz placiert, daß die Wurzel durch die Öffnung und den durch den

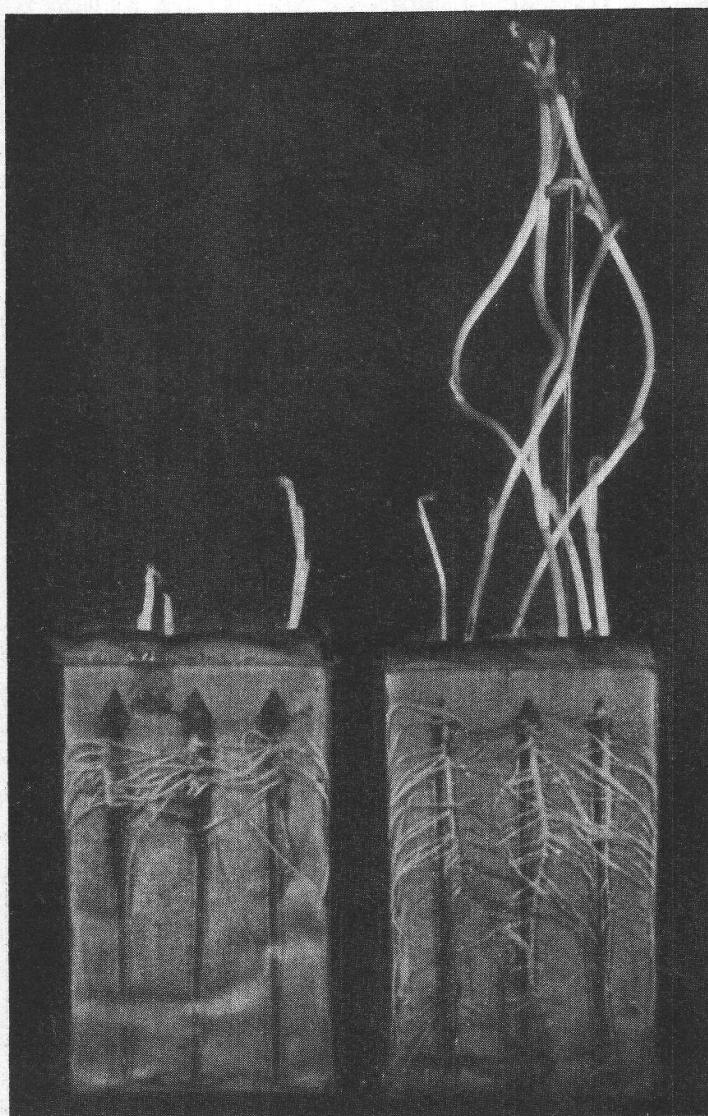


Fig. 2.

Glasstab freigehaltenen Kanal senkrecht hinunterstrebend und in ihrem Wachstum jederzeit durch das Glas genau kontrolliert werden kann.

Um einen objektiven Mittelwert zu erhalten, wiederholten wir die Bestrahlungen mit den Dosen 20, 50, 100 und 200 je achtmal. Jeder

einzelne Versuch umfaßt daher die Messungen an 96 Keimlingen. Der Tages-Mittelwert, welcher für die Aufstellung der Tabellen bzw. Kurven maßgebend war, ergibt sich aus der Summe der Mittelwerte aus den 8 Wiederholungen zu je 12 Einzelkeimlingen.

Unsere Kurvenbilder stellen aber nicht die absoluten Werte der Wachstums-Reizung bzw. -Schädigung dar, sondern geben die Wachstumsänderung im Verhältnis zu dem Kontrollwert wieder, den wir mit 100 % eingesetzt haben.

$$\text{Strahlenwirkung} = \frac{\text{Tagesmittelwert der bestrahlten Serie}}{\text{Tagesmittelwert der Kontrollserie}}$$

Über die Berechnung des mittleren Fehlers verweisen wir auf Kapitel VI unserer Ausführungen.

Um in den Abbildungen, besonders im Hinblick auf die Summationsversuche die klare Übersicht zu wahren, haben wir die Bestrahlungs-Dosierungen einheitlich mit D. bezeichnet und in der Bildbeschriftung eine ausführliche Legende beigefügt. Einzig in Abb. 7 sind wir aus rein technischen Gründen von diesem Schema abgewichen, was sich in einer kleinen Erweiterung der Anmerkung auswirkte.

III. Einfache Bestrahlungsversuche mit *Vicia Faba equina*.

1. Der Einfluß von Röntgenstrahlen auf *Vicia Faba equina*.

Tab. 1.
Der Einfluß von Röntgenstrahlen auf *Vicia Faba equina*.

Dosis D.	Tag						
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
20	100	102	102	106	110	122	119
50	104	101	98	100	107	124	110
100	100	91	88	82	90	100	103
200	87	84	64	51	51	45	35

Der Einfluß von 20 r auf den Wurzelkeimling ist am 1. Versuchstag noch ohne Folgen, steigt dann aber auf 102 %, um in allmählichem Anstieg den Wert von 110 % zu erreichen. Der 6. Tag bringt eine rapide Wachstumssteigerung auf 122 %. Am 7. Tag erfolgt ein leichtes Absinken auf 119 %.

Die höhere Dosis von 50 r reizt den Keimling bereits am ersten Tag deutlich; das Wachstum sinkt dann aber bis auf 98 % ab. Der 4. Tag scheint einen Wendepunkt zu bedeuten; es erfolgt ein neuer

Anstieg, dem noch einmal ein Absinken folgt. Diese Dosis scheint eine gewisse Inkonsistenz des Wachstums zu bewirken. Sie stellt wohl einen Übergangswert zwischen 20 r und 100 r, von Wachstumsreizung und -verminderung dar.

Abb. 1.

Der Einfluß von
Röntgenstrahlen auf
Vicia Faba equina.

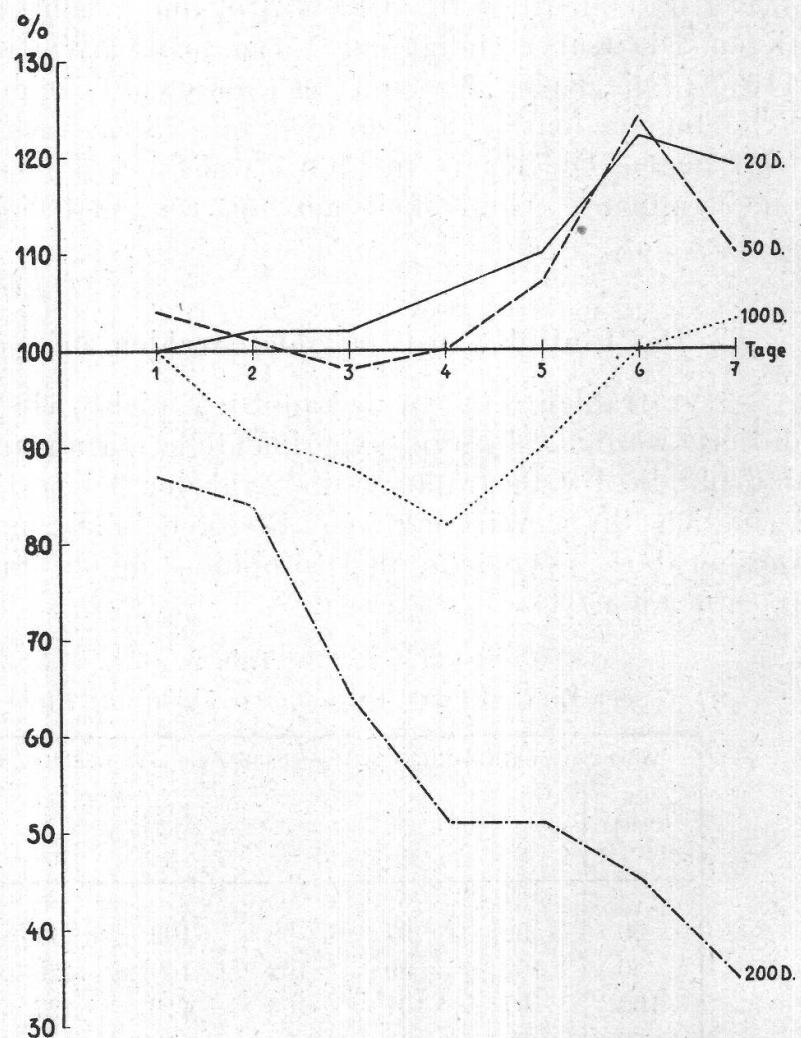
Bestrahlungsdosis :

D. 20 = 20 r

D. 50 = 50 r

D. 100 = 100 r

D. 200 = 200 r



Eine Dosis von 100 r schädigt die Bohnenkeimlinge ganz eindeutig. Bereits am 2. Tag sinkt die Kurve auf 91 %, um mit 82 % ihren Tiefstand zu erreichen. Ohne Zweifel mobilisiert der Organismus biologische Abwehrkräfte, welche den schädigenden Einfluß der Röntgenstrahlen nach 4 Tagen einzudämmen vermögen. Ein deutliches Ansteigen der Kurve und die Erreichung der Abszisse bei Versuchsende spricht für eine klare Erholung vom Strahlenschaden.

Erwartungsgemäß stören 200 r das Pflanzenwachstum entscheidend. Die Kurve fällt immer tiefer unter den Kontrollwert; eine leichte Erholungstendenz am 4., 5. Tag hält nur kurz an. Regenerationsbestrebungen vermögen die Schädigung also nicht mehr zu beheben.

Ein Vergleich dieser Kurvenbilder mit einem Parallelversuch von H a u s e r (3) unter ähnlichen Bedingungen (genaue Temperatur von 18°) scheint uns hier angebracht. Im Gegensatz zu unseren Ergebnissen trat dort während den ersten Versuchstagen durchwegs eine Wachstumsverminderung bis 98 % ein, dies auch bei Dosen von 10 r und 50 r. Am 4. Tag ist einheitlich für 5 r bis 20 r eine Wachstumsreizung zu konstatieren. Die Kurve endigt am 7. Tag in den Wertbereichen von 108 bis 115 %. Die Keimlinge, mit 50 r bestrahlt, zeigen auch hier gewisse Erholungstendenzen, bleiben aber mit 75 % stark unter dem Kontrollwert liegen. Die Kurve für 100 r weist bei H a u s e r in ihrem Verlauf eine frappante Ähnlichkeit mit unseren, erst bei 200 r beobachteten Werten auf.

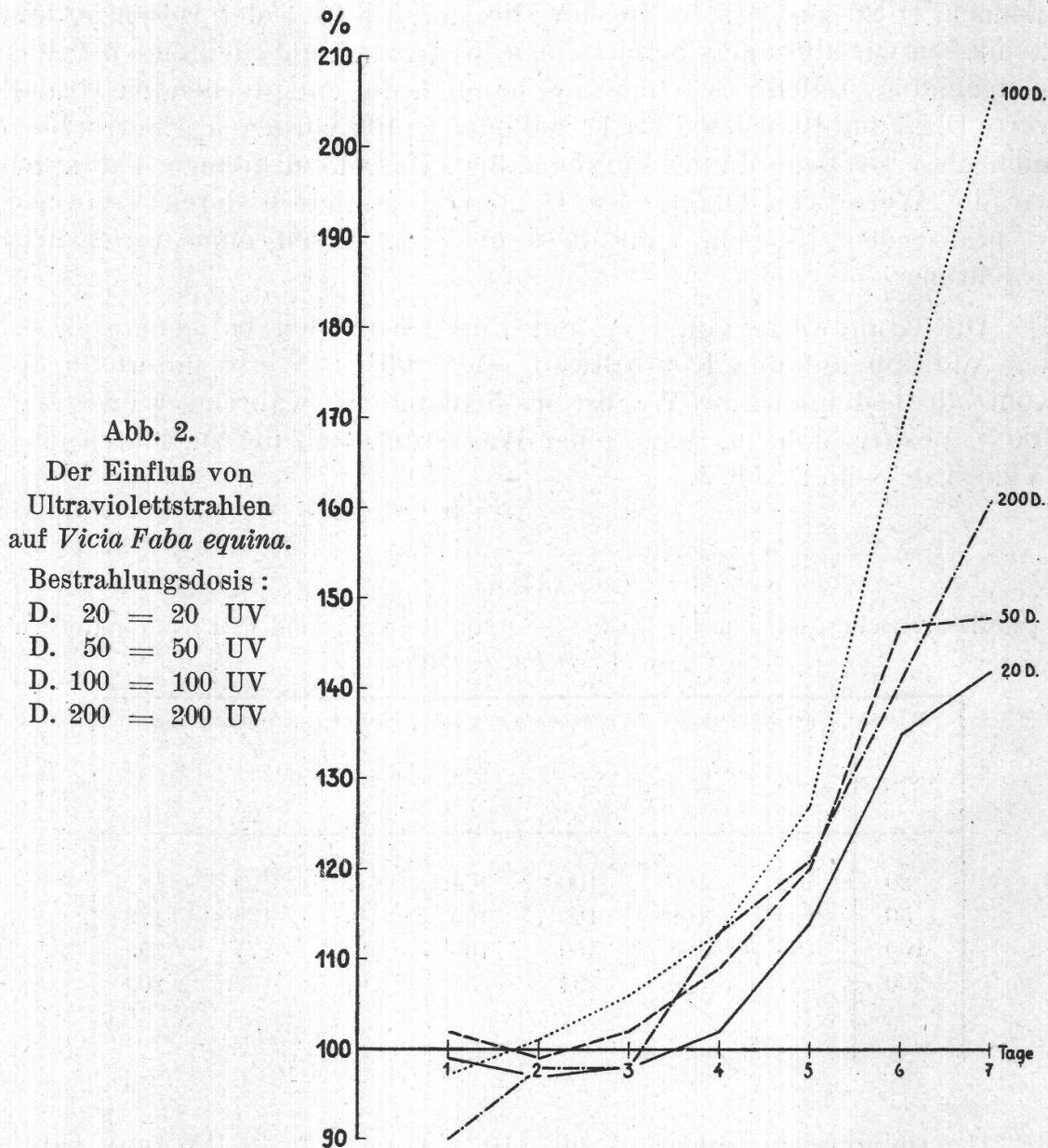
2. Der Einfluß von Ultraviolettrahmen auf *Vicia Faba equina*.

UV-Strahlen können bekanntlich nicht wie die Röntgenstrahlen dosiert werden. Unsere experimentelle Erfahrung hat aber gezeigt, daß für die UV-Bestrahlung die Zahl der bei bestimmten Verhältnissen bezüglich ihrer Wirkung der Röntgeneinheit ungefähr gleichgesetzt werden darf. [Versuche an *Drosophila*-Puppen durch L ö w y (9) und B o g m a n n (1).]

Tab. 2.
Der Einfluß von Ultraviolettrahmen auf *Vicia Faba equina*.

Dosis D.	Wachstum der Keimlinge in % gegenüber den unbestrahlten Kontrollkeimlingen						
	Tag						
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
20	99	97	98	102	114	135	142
50	102	99	102	109	120	147	148
100	97	101	106	113	127	169	206
200	90	98	98	113	121	141	161

Eine Bestrahlung von 20" UV in den ersten 3 Tagen ergibt eine unbedeutende Wachstumshemmung der Keimlinge, später eine Beschleunigung bis zu 142 %. Mit 50" UV erfährt *Vicia Faba equina* am 1. Tag eine Wachstumsanregung. Mit geringen negativen Schwankungen während der folgenden 4 Tage verläuft die Kurve mit einer Mehrreizung von 6—10 % parallel der kleineren UV-Einheit. Die Dosis 100" UV weist anfänglich eine Wachstumsverminderung um 10 % der Kontrolle auf, vermag aber dennoch nach Abschluß des Versuches den Wert 160 zu erreichen. Von eigentlichen UV-Schädigungen kann hier kaum gesprochen werden. Das Optimum der Reizung wird mit 100" UV erreicht, während 200" UV offenbar bereits eine Überdosierung darstellen.



IV. Summationsversuche mit *Vicia Faba equina*.

1. Die theoretische Addition.

Läßt man bei demselben Versuche eine bestimmte Menge von Röntgen- und Ultraviolettrahlen miteinander, nacheinander oder in ähnlichen Varianten auf dasselbe Testobjekt einwirken, so ergibt sich als Resultat die Summationswirkung von zwei verschiedenen Strahlenarten.

Durch Addition gleicher Werte von Röntgen- und UV-Strahlen erhalten wir Vergleichszahlen, welche wir als die sogenannte theoretische Addition bezeichnen und dementsprechend die Grundlage für die Aufstellung der theoretischen Additionskurven darstellen. Die Dosis D. 100 setzt sich also, in einem Beispiel erklärt, aus 50 r + 50" UV-Licht zu-

sammen, D. 20 aus 10 r + 10" UV. Bei der Addition der Dosen 50 und 20 müssen wir allerdings bereits einen, wenn auch unbedeutenden Fehler in Rechnung stellen: es fehlen uns nämlich die entsprechenden Grundwerte D. 25 und 10, wie sie für D. 200 oder D. 100 vorliegen. Um trotzdem auch diese Größenordnung kurvenmäßig erfassen zu können, halbierten wir die Werte von D. 50 oder D. 20 und addierten deren Teilwerte. In praktischer Hinsicht sind diese niederen Dosen ohne wesentliche Bedeutung.

Die Grundwerte von UV- und Röntgenstrahlen beziehen sich bei der Addition auf den Kontrollwert oder 100 %. Werte unterhalb der Kontrolle bedeuten eine Wachstums-Schädigung, während Werte über 100 % positiv, d. h. im Sinne einer Wachstums-Reizung zu deuten sind. (Vide Tab. 3 und Abb. 3.)

Tab. 3.

Die theoretische Addition der Einwirkung von Röntgen- und Ultraviolettrahlen auf *Vicia Faba equina*.

Dosis D.	Tag						
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
20	100	100	100	104	112	129	131
50	103	100	100	105	114	136	129
100	106	100	100	109	127	171	158
200	97	90	94	95	107	169	209

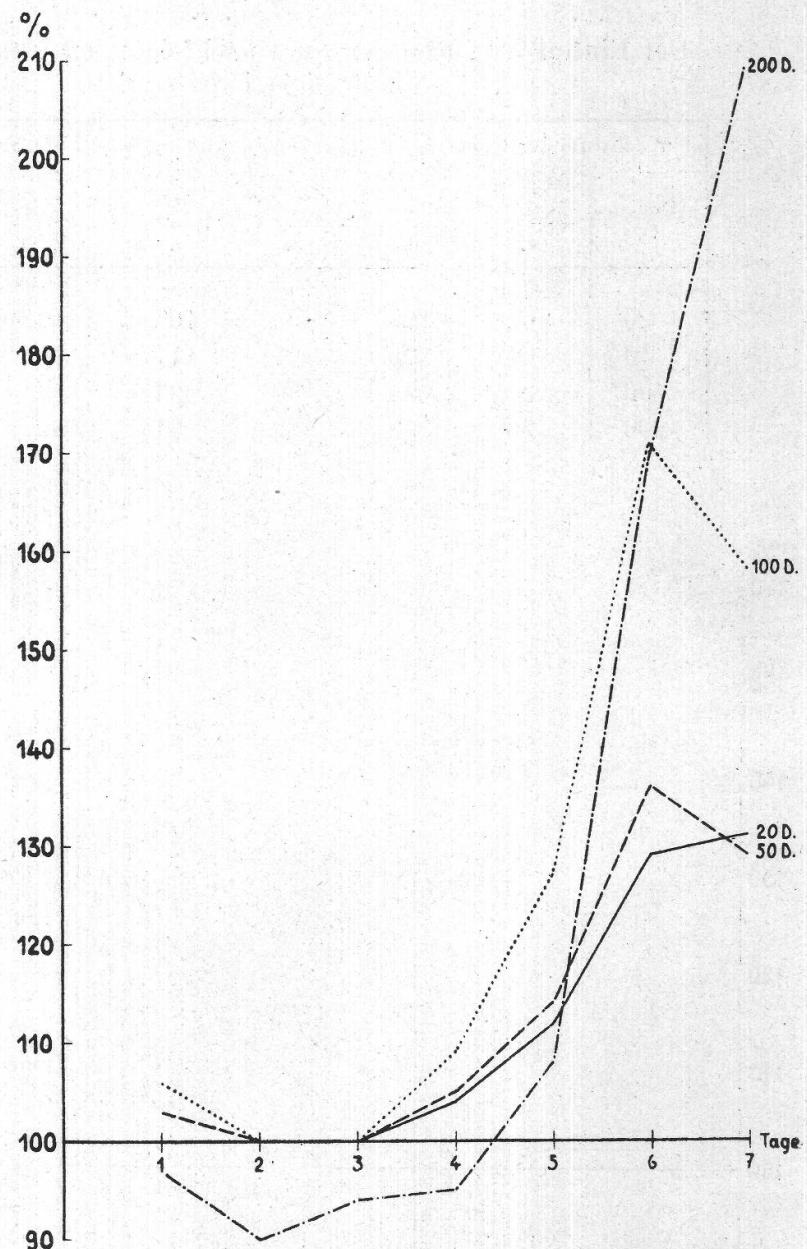
Die theoretische Addition aus 110 % r und 148 % UV (aus Tab. 1 und 2) ergibt sich demnach, auf die Kontrolle: 100 % bezogen aus zwei positiven Werten 10 + 48 und beträgt somit 158 % (vide Tab. 4); ein Additonswert von 105 % ist z. B. denkbar aus 110 % UV + 95 % Röntgen, setzt sich also aus einem positiven Wert + 10 des UV und dem Minus des Röntgen zusammen.

Bei allen Summationsbestrahlungen werden wir es entweder mit einer bloßen theoretischen Addition oder dann aber mit einer ausgesprochenen Mehrleistung der angewandten Strahlenkombination zu tun haben.

Durch Änderung der Bestrahlungsanordnung, wie sie in Tab. 7 und Abb. 7 zum Ausdruck kommt, lässt sich die sogenannte spezifische Summationswirkung ablesen.

Abb. 3.
Die theoretische
Addition der Ein-
wirkung von Röntgen-
u. Ultraviolettrahlen
auf *Vicia Faba equina*.

Dosis :
D. 20 =
10 r + 10 UV
D. 50 =
25 r + 25 UV
D. 100 =
50 r + 50 UV
D. 200 =
100 r + 100 UV



2. Der Einfluß von Röntgen- und nachfolgenden Ultraviolettrahlen auf *Vicia Faba equina*.

Der klaren Übersicht wegen sind die in den Tabellen aufgeführten, mit D. bezeichneten Dosierungen in der Legende der zugehörigen Abbildungen noch näher erläutert. Sämtliche gemessenen Werte beziehen sich in diesen Summationsversuchen auf die theoretische Additionskurve. (Tab. 4 und Abb. 4.)

Tab. 4.

Der Einfluß von Röntgen- und nachfolgenden Ultraviolettrahmen auf *Vicia Faba equina*.

Dosis D.	Wachstum der Keimlinge in % gegenüber den unbestrahlten Kontrollkeimlingen						
	Tag						
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
20	102	102	99	105	112	122	125
50	104	103	101	111	116	124	139
100	96	93	90	93	100	126	158
200	90	93	82	84	87	100	110

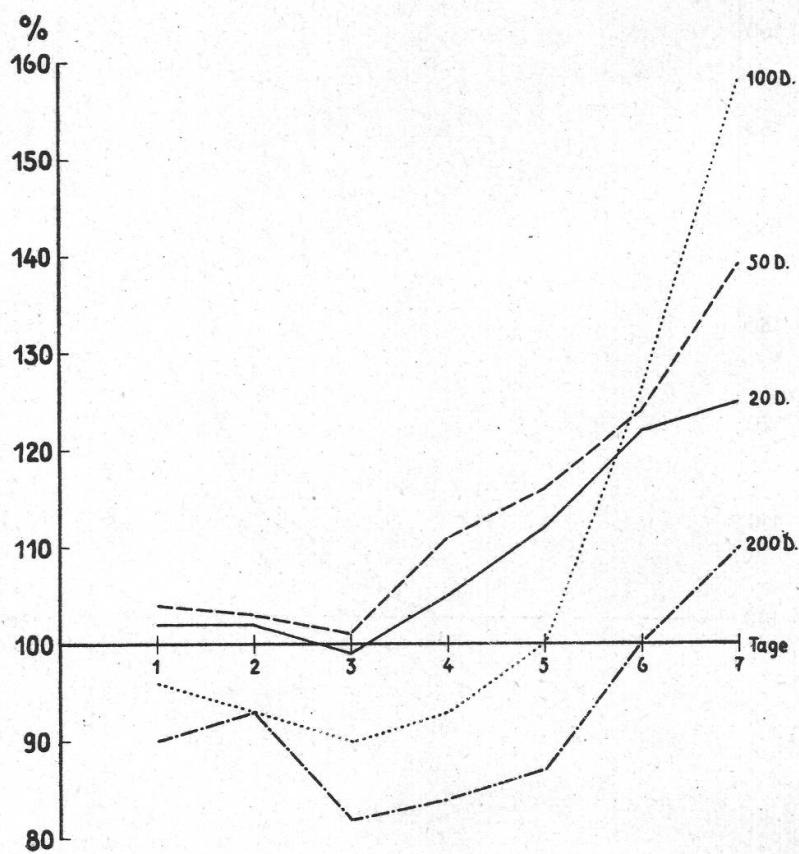


Abb. 4.

Der Einfluß von Röntgen- und nachfolgenden Ultraviolettrahmen auf *Vicia Faba equina*.

Bestrahlungsdosis :

- D. 20 = 10 r
+ nachfolgend 10 UV
- D. 50 = 25 r
+ nachfolgend 25 UV
- D. 100 = 50 r
+ nachfolgend 50 UV
- D. 200 = 100 r
+ nachfolgend 100 UV

Die Dosis 20 (10 r und 10" UV) zeigt in den ersten 5 Tagen nur unbedeutende Abweichungen von den theoretischen Additionswerten. Sie sind beinahe identisch und ergeben eine auffallende Analogie im Kurvenverlauf. Am 6. und 7. Tag tritt in bezug auf die theoretische Additionstabelle eine leichte Hemmung ein, die bei D. 50 in den letzten 2 Tagen noch etwas ausgeprägter ist. Von einer eigentlichen Schädigung kann aber noch kaum gesprochen werden; sämtliche Werte liegen noch über der Abszissenachse. Eine ausgesprochene Mehrschädigung er-

fährt das Testobjekt durch D. 100. Die Tageswerte stehen durchschnittlich 10—45 % tiefer als jene der theoretischen Addition. Am 7. Versuchstag erfolgt ein Ausgleich. Mit 158 % decken sich dieselben Werte von Versuch 3 und 4. Lassen wir aber D. 200 auf *Vicia Faba equina* einwirken, so haben wir, auf den theoretischen Wert bezogen, nur am 2. Tag eine leichte Verbesserung des negativen Wertes. Die Kurve verläßt erst am 6. Tag den negativen Quadranten. Bei Versuchsende sind die absoluten Zahlen wohl positiv, aber die Differenz gegenüber der theoretischen Addition beträgt immerhin —99 %.

3. Der Einfluß von Ultravioletten- und nachfolgenden Röntgenstrahlen auf *Vicia Faba equina*.

Dieser Versuch 3 bildet einfach eine Veränderung der Bestrahlungsanordnung. Diesmal wurden zuerst UV- und anschließend Röntgenstrahlen appliziert. (Vide Tab. 5 und Abb. 5.)

Tab. 5.

Der Einfluß von Ultravioletten- und nachfolgenden Röntgenstrahlen auf *Vicia Faba equina*.

Dosis D.	Wachstum der Keimlinge in % gegenüber den unbestrahlten Kontrollkeimlingen						
	Tag						
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
20	103	99	101	104	115	122	129
50	99	97	94	102	108	129	123
100	95	101	101	103	109	137	148
200	95	94	83	77	80	90	81

Es kann vorweggenommen werden, daß, mit Ausnahme von D. 200, eine frappante Ähnlichkeit mit der umgekehrten Versuchsanordnung, also Abb. 4, besteht.

Der Kurvenverlauf für D. 20 zeigt sowohl gegenüber der gleichen Dosierung der theoretischen Additionstabelle als auch gegenüber Versuch 4 keinen wesentlichen Unterschied. Mit D. 50 werden gleich zu Versuchsbeginn, 3 Tage lang, negative Werte, also ausgesprochene Hemmungen registriert; hernach folgen positive Werte, die gegenüber der theoretischen Addition nur kleine Schwankungen im Sinne einer Hemmung zeigen. D. 100 weist interessanterweise vom 2. Tag an nur positive Werte auf und weicht demnach wesentlich von Abb. 4 bzw. dem vorhergehenden Versuch ab.

Die für das biologische Objekt als schädlich bekannte D. 200 weist in dieser Versuchsserie überhaupt nur negative Werte auf. Die Kurve

erreicht mit 77 % ihren Tiefstand und endet mit —19 %, also im negativen Sektor. Die eigentliche Mehrschädigung gegenüber Versuch 4 ist auffallend.

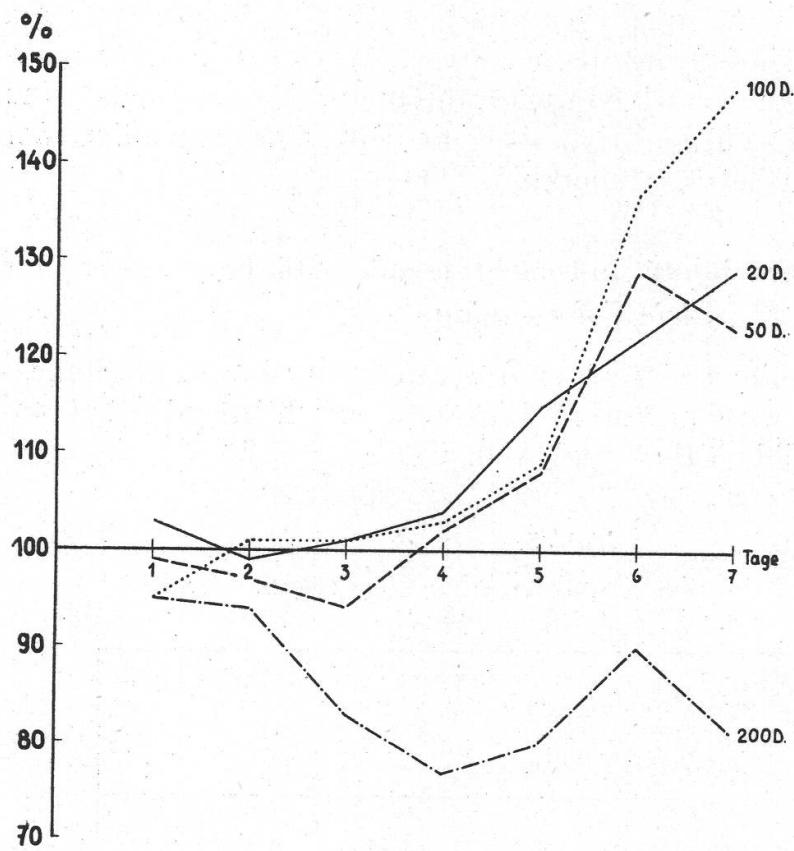


Abb. 5.

Der Einfluß von Ultraviolett- und nachfolgenden Röntgenstrahlen auf *Vicia Faba equina*.

Bestrahlungsdosis :

- D. 20 = 10 UV
+ nachfolgend 10 r
- D. 50 = 25 UV
+ nachfolgend 25 r
- D. 100 = 50 UV
+ nachfolgend 50 r
- D. 200 = 100 UV
+ nachfolgend 100 r

4. Der gleichzeitige Einfluß von Röntgen- und Ultraviolettstrahlen auf *Vicia Faba equina*.

Schon ein oberflächlicher Überblick auf Abb. 6 zeigt im Kurvenbild große Analogien mit Versuch 5.

Tab. 6.

Der Einfluß von Röntgen- und Ultraviolettstrahlen gleichzeitig auf *Vicia Faba equina*.

Dosis D.	Wachstum der Keimlinge in % gegenüber den unbestrahlten Kontrollkeimlingen						
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
20	102	99	99	104	116	139	139
50	108	105	106	113	120	135	145
100	99	97	102	103	111	139	161
200	88	88	81	77	84	88	90

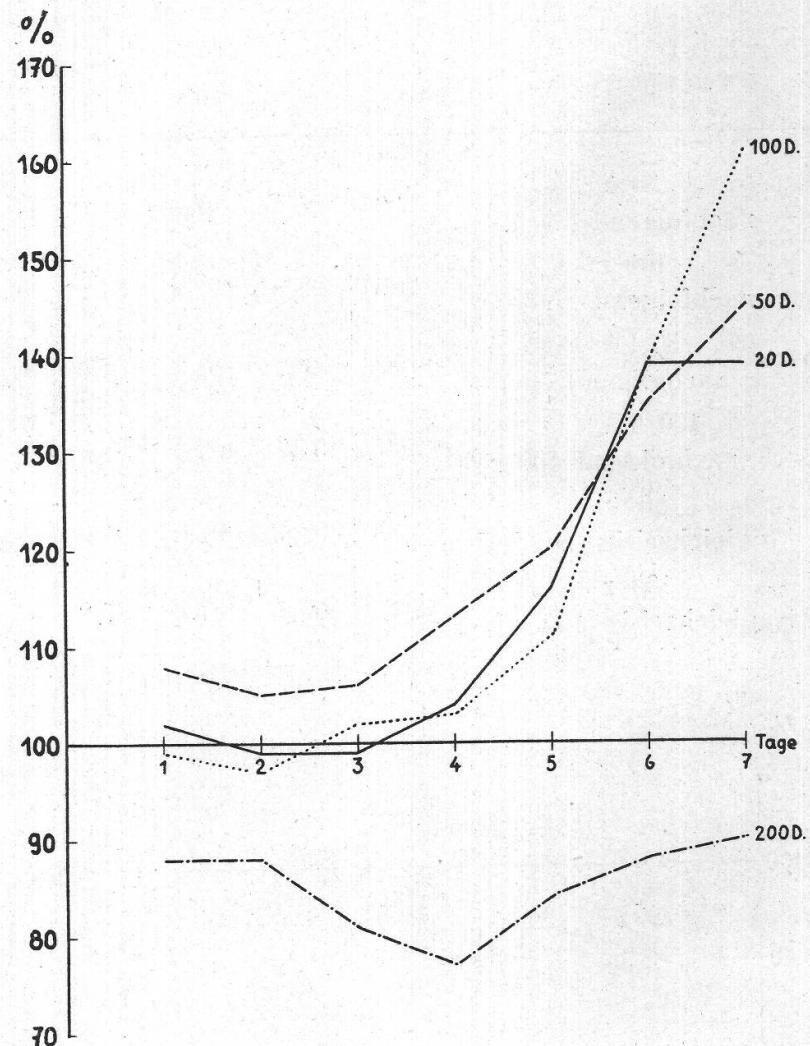
D. 20 (10 r + 10" UV gleichzeitig) bewirkt wohl am 2. und 3. Tag im Wurzelwachstum negative Werte, ist im übrigen aber der analogen theoretischen Addition leicht überlegen. Eine positiv ansteigende Kurve

Abb. 6.

Der gleichzeitige
Einfluß von Röntgen-
u. Ultraviolettstrahlen
auf *Vicia Faba equina*.

Bestrahlungsdosis :

- D. 20 = 10 r
+ gleichzeitig 10 UV
- D. 50 = 25 r
+ gleichzeitig 25 UV
- D. 100 = 50 r
+ gleichzeitig 50 UV
- D. 200 = 100 r
+ gleichzeitig 100 UV



resultiert aus den Tageswerten von D. 50. Ausgesprochene Relationen sowohl zur theoretischen Addition als auch den eigentlichen Summationsanordnungen gegenüber sind offensichtlich.

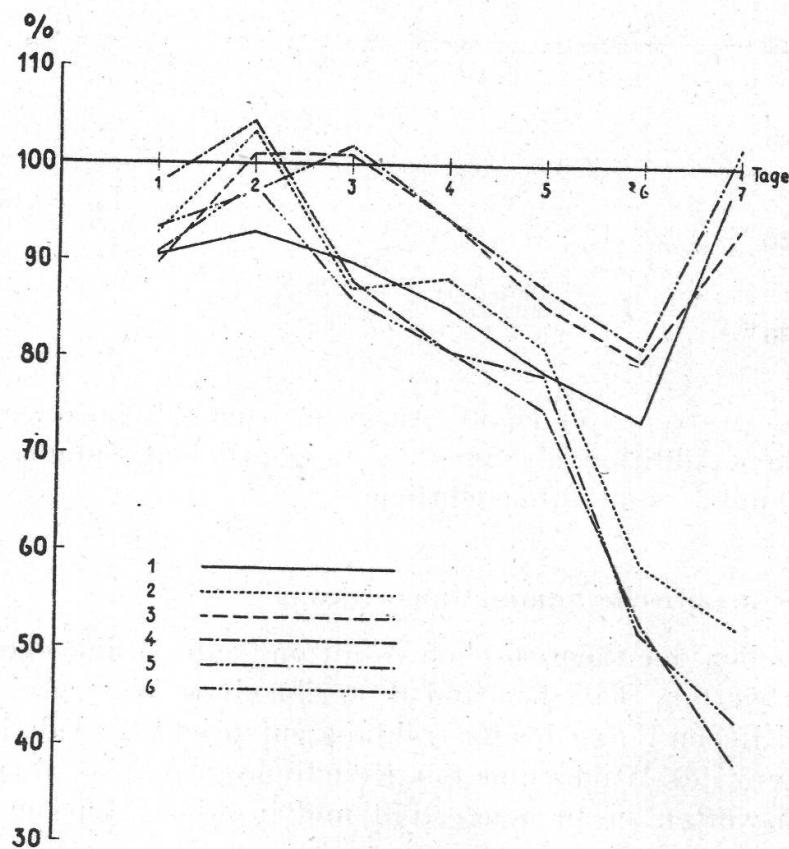
5. Die spezifische Summationswirkung.

Die Differenz zwischen der theoretischen Addition (Tab. 3) und den wirklichen Summationswerten (Tab. 4, 5 und 6) ergibt einen Wert, welcher der besonderen zeitlichen Folge der Bestrahlung entspricht. In Tab. 7 haben wir diese Differenz des Wachstums der Keimlinge gegenüber den theoretischen Additionswerten zusammengestellt und in Abb. 7 kurvenmäßig festgehalten.

Tab. 7.

Das wirkliche Wachstum von *Vicia Faba equina* bezogen auf die theoretische Addition der Einwirkung von Röntgen- und Ultraviolettröhren.
Vergleich von Tab. 3 mit Tab. 4, 5 und 6 für die Röntgendosen D. 100 und D. 200.

Bestrahlungsmodus	Dosis D.	Wachstum der Keimlinge in % gegenüber den theoretischen Additionswerten						
		Tag						
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
50 r + nachfolgend 50 UV	100	90,6	93,0	90,0	85,3	78,7	73,7	100,0
100 r + nachfolgend 100 UV	200	92,8	103,3	87,2	88,4	81,3	59,2	52,6
50 UV + nachfolgend 50 r	100	89,6	101,0	101,0	94,5	85,8	80,1	93,7
100 UV + nachfolgend 100 r	200	97,9	104,4	88,3	81,1	74,8	53,3	38,8
50 r + gleichzeitig 50 UV	100	93,4	97,0	102,0	94,5	87,4	81,3	101,9
100 r + gleichzeitig 100 UV	200	90,7	97,8	86,2	81,1	78,5	52,1	43,1



Die Errechnung der in Tab. 7 wiedergegebenen Werte mag aus nachfolgendem Beispiel mit der Dosierung D. 200 (100 r + 100 UV nachfolgend) hervorgehen:

	Tag						
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Theoret. Additions-Wert in % (aus Tab. 3)	106	100	100	109	127	171	158
Summationswirkung von Rö. + UV nachfolgend in % (aus Tab. 4)	96	93	90	93	100	126	158
Spez. Summationswirkung . .	— 10	— 7	— 10	— 16	— 27	— 45	0
Auf den Kontrollwert bezogen in %	90	93	90	84	73	55	100

Auch einen Vergleich entsprechender Tageswerte von 50 r + 50" UV möchten wir der Diskussion der Abbildung 7 noch einmal voranstellen.

	Tag						
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Wachstum bei 50" UV in % (aus Tab. 6)	102	99	102	109	120	147	148
Wachstum bei 50 r in % (aus Tab. 1)	104	101	98	100	107	124	110
Wachstum bei 50 r + 50" UV nachfolgend in % (aus Tab. 4)	96	93	90	93	100	126	158

Das Kurvenbild der Dosierungen D. 100 und D. 200 lässt nachfolgende Schlüsse augenfällig zu: Die größte spezifische Schädigung weist die Kurve 4 am 7. Versuchstag auf. Es ist die Einheit 100 UV + 100 r nachfolgend. Einen ganz analogen Verlauf nimmt aber auch die Linienführung 2 und 6. Sowohl zeitlich als auch in quantitativer Hinsicht decken sich die Werte, unabhängig in bezug auf die Versuchs-anordnung.

Die nur halben Dosiswerte (50 r + 50" UV) in ihren einzelnen Versuchsvarianten zeigen auf Abb. 7 ebenfalls deutliche Analogien. Sämtliche 3 Kurven, 1, 3 und 5, erfahren genau am 6. Tag einen Knick und streben dem Wert der Abszisse, also dem Kontrollwert zu. Die

Schädigungszone wird allmählich verlassen und würde wohl bei langerer Versuchsdauer im positiven Teil der Abb. 7 ihre Fortsetzung finden.

Die spezifische Summationsbestrahlung stellt nicht nur eine reine Addition der Einzelwirkung von Röntgen- und UV-Strahlen dar, sondern eine durch Summation der beiden Strahlenarten bewirkte größere Wachstumsveränderung, die zudem von der Reihenfolge der Strahlenapplikation abhängig zu sein scheint.

Die Tatsache, daß bei D. 100 (50 r + 50" UV nachfolgend) eine Wachstumshemmung eintreten muß, die größer ist als bei Applikation von 50 r und trotz der Tatsache, daß durch 50" UV allein der Keimling gereizt wird, war für uns nicht überraschend. Aus der Röntgentherapie wissen wir, daß z. B. röntgenbestrahlte Haut gegen alle möglichen Einflüsse mechanischer Art, eben auch Wärme und Sonnenlicht, äußerst empfindlich ist.

Die Applikation von UV-Licht allein wirkt auf unser biologisches Objekt allgemein im Sinne einer Wachstumsvermehrung.

V. Fehlerberechnung.

Wie bei allen bisherigen Arbeiten mit *Vicia Faba equina*, errechneten auch wir mit Hilfe der Formel von Gauß den mittleren Fehler.

$$\text{Mittlerer Fehler} = \pm \sqrt{\frac{\sum \Delta^2}{n(n-1)}}$$

Δ = Differenz des Einzelwertes zum Mittelwert,

n = Anzahl der Versuche (8).

Mit Rücksicht auf die Übersicht und Klarheit der Tabellen und Abbildungen haben wir die bezüglichen Werte in den nachfolgenden Tab. 1 a—5 a separat aufgeführt. Bei sämtlichen Dosen sind die entsprechenden Legenden der Abb. 1—5 maßgebend und zu berücksichtigen.

Auf eine kurvenmäßige Darstellung der Werte wurde verzichtet.

Tab. 1 a.

Absolutes Wachstum in mm und mittlerer Fehler nach Gauß bei Einwirkung von Röntgenstrahlen auf *Vicia Faba equina*.

Tag	Kontrolle	Dosis (r)			
		20	50	100	200
1.	15,7 ± 0,53	15,7 ± 0,39	16,4 ± 0,2	15,7 ± 0,62	13,7 ± 0,48
2.	14,8 ± 0,5	15,1 ± 0,4	14,9 ± 0,33	13,4 ± 0,48	12,4 ± 0,37
3.	12,5 ± 0,47	12,8 ± 0,53	12,3 ± 0,48	11,0 ± 0,54	8,0 ± 0,48
4.	10,4 ± 0,42	11,1 ± 0,69	10,4 ± 0,35	8,5 ± 0,45	5,3 ± 0,37
5.	8,0 ± 0,37	8,8 ± 0,53	8,6 ± 0,36	7,2 ± 0,26	4,1 ± 0,44
6.	4,9 ± 0,28	6,0 ± 0,41	6,1 ± 0,69	4,9 ± 0,41	2,2 ± 0,41
7.	3,1 ± 0,22	3,7 ± 0,5	3,4 ± 0,62	3,2 ± 0,5	1,1 ± 0,2

Tab. 2 a.

Absolutes Wachstum in mm und mittlerer Fehler nach Gauß bei Einwirkung von UV-Strahlen auf *Vicia Faba equina*.

Tag	Kontrolle	Dosis (Sekunden)			
		20	50	100	200
1.	15,7 ± 0,53	15,6 ± 0,28	16,0 ± 0,26	15,2 ± 0,59	14,3 ± 0,5
2.	14,8 ± 0,5	14,3 ± 0,28	14,7 ± 0,39	14,9 ± 0,54	14,5 ± 0,5
3.	12,5 ± 0,47	12,2 ± 0,61	12,7 ± 0,3	13,2 ± 0,62	12,3 ± 0,64
4.	10,4 ± 0,42	10,6 ± 0,88	11,3 ± 0,33	11,7 ± 0,47	11,8 ± 0,81
5.	8,0 ± 0,37	9,1 ± 0,99	9,6 ± 0,63	10,4 ± 0,56	9,7 ± 0,58
6.	4,9 ± 0,28	6,6 ± 1,04	7,2 ± 0,35	8,3 ± 0,58	6,9 ± 0,41
7.	3,1 ± 0,22	4,4 ± 0,7	4,6 ± 0,24	6,4 ± 0,72	5,0 ± 0,53

Tab. 3 a.

Absolutes Wachstum in mm und mittlerer Fehler nach Gauß bei Einwirkung von Röntgen- und nachfolgenden UV-Strahlen auf *Vicia Faba equina*.

Tag	Kontrolle	Dosis (D.)			
		20	50	100	200
1.	15,7 ± 0,53	16,0 ± 0,28	16,3 ± 0,28	15,1 ± 0,56	14,2 ± 0,35
2.	14,8 ± 0,5	15,1 ± 0,26	15,2 ± 0,26	13,7 ± 0,47	13,7 ± 0,26
3.	12,5 ± 0,47	12,4 ± 0,57	12,6 ± 0,36	11,2 ± 0,54	10,2 ± 0,22
4.	10,4 ± 0,42	10,9 ± 0,53	11,6 ± 0,56	9,7 ± 0,48	8,7 ± 0,41
5.	8,0 ± 0,37	9,0 ± 0,73	9,3 ± 0,4	8,0 ± 0,44	7,0 ± 0,44
6.	4,9 ± 0,28	6,0 ± 0,7	6,1 ± 0,61	6,2 ± 0,55	4,9 ± 0,47
7.	3,1 ± 0,22	3,9 ± 0,65	4,3 ± 0,36	4,9 ± 0,5	3,4 ± 0,41

Tab. 4 a.

Absolutes Wachstum in mm und mittlerer Fehler nach Gauß bei Einwirkung von UV- und nachfolgenden Röntgenstrahlen auf *Vicia Faba equina*.

Tag	Kontrolle	Dosis (D.)			
		20	50	100	200
1.	15,7 ± 0,53	16,2 ± 0,32	15,5 ± 0,35	14,9 ± 0,41	14,9 ± 0,52
2.	14,8 ± 0,5	14,7 ± 0,48	14,3 ± 0,45	15,0 ± 0,46	13,9 ± 0,4
3.	12,5 ± 0,47	12,6 ± 0,46	11,7 ± 0,45	12,6 ± 0,69	10,4 ± 0,33
4.	10,4 ± 0,42	10,8 ± 0,36	10,6 ± 0,35	10,7 ± 0,74	8,0 ± 0,4
5.	8,0 ± 0,37	9,2 ± 0,73	8,6 ± 0,26	8,7 ± 0,66	6,4 ± 0,36
6.	4,9 ± 0,28	6,0 ± 0,61	6,3 ± 0,24	6,7 ± 0,57	4,4 ± 0,39
7.	3,1 ± 0,22	4,0 ± 0,61	3,8 ± 0,39	4,6 ± 0,87	2,5 ± 0,28

Tab. 5 a.

Absolutes Wachstum in mm und mittlerer Fehler nach Gauß bei gleichzeitiger Einwirkung von Röntgen- und UV-Strahlen auf *Vicia Faba equina*.

Tag	Kontrolle	Dosis (D.)			
		20	50	100	200
1.	15,7 ± 0,53	16,0 ± 0,41	16,9 ± 0,22	15,6 ± 0,35	13,8 ± 0,55
2.	14,8 ± 0,5	14,7 ± 0,4	15,6 ± 0,3	14,4 ± 0,5	13,1 ± 0,41
3.	12,5 ± 0,47	14,2 ± 0,37	13,2 ± 0,5	12,7 ± 0,46	10,1 ± 0,41
4.	10,4 ± 0,42	10,8 ± 0,47	11,7 ± 0,5	10,7 ± 0,57	8,0 ± 0,45
5.	8,0 ± 0,37	9,3 ± 0,4	9,6 ± 0,26	8,9 ± 0,63	6,7 ± 0,53
6.	4,9 ± 0,28	6,8 ± 0,37	6,6 ± 0,46	6,8 ± 0,75	4,3 ± 0,58
7.	3,1 ± 0,22	4,3 ± 0,36	4,5 ± 0,41	5,0 ± 0,88	2,8 ± 0,47

VI. Zusammenfassung.

Unsere strahlenbiologischen Versuche auf Wurzelkeimlinge von *Vicia Faba equina* lassen sich in der Hauptsache zusammenfassen wie folgt :

1. *Röntgenstrahlen* in der Stärke von 20 r und 50 r regen das Wachstum des Wurzelkeimlings an (119 % + 124 %), 100 r und 200 r dagegen hemmen es (88 % + 35 %). Die unbestrahlte Kontrolle wird dabei gleich 100 % gesetzt. Die vitalen Störungen, hervorgerufen durch 100 r, sind bei Versuchsende, am 7. Tag, zum Teil wieder regeneriert, und die Wachstumszunahme wird mit jener der unbestrahlten Kontrolle gleich. Der durch 200 r bewirkte Strahlenschaden bleibt bestehen (35 %).
2. *UV-Strahlen* sind ein Stimulans. Von den Dosierungen 20, 50, 100 und 200" UV wirkt D. 100 optimal (206 %). D. 200 stellt bereits eine Überdosierung dar. Der Endwert beträgt 161 %, bezogen auf die in der ganzen Arbeit mit 100 % eingesetzte Kontrolle.
3. Durch die *Addition* gleicher Einheiten von *Röntgen- und UV-Strahlen* wurde die sogenannte theoretische Additionskurve aufgestellt. Auf ihr basieren die Werte in den Summationstabellen und Abbildungen 4, 5 und 6.

4. In einem *Additionsversuch* wurden zuerst *Röntgenstrahlen* und *nachfolgend UV-Licht* verabfolgt.

Die ausschlaggebenden Resultate von 100 Einheiten (50 r + 50" UV) sind im Endeffekt den Werten der theoretischen Additionskurve gleichzusetzen. Durch D. 200 (100 r + 100" UV) erfährt der so bestrahlte Keimling in bezug auf die theoretische Addition eine Wachstumsverminderung um 119 %. Der Kurvenverlauf von D. 20 und D. 50 entspricht im wesentlichen ebenfalls demjenigen der theoretischen Addition.

5. Werden die *UV-Strahlen* zuerst und der *Röntgenstoß* erst *nachfolgend* appliziert, so zeigt das Kurvenbild bei D. 200 (100" UV + 100 r) einen beträchtlichen Strahlenschaden. Die beiden Tiefpunkte betragen am 4. Tag 77 % und bei Versuchsende 81 %. Die übrigen drei Werte, aus D. 100, 50 und 20, erfahren, auf die theoretische Addition bezogen, keine prinzipielle Veränderung.
6. Auch in der *dritten Summationsanordnung: Röntgen + UV-Strahlen gleichzeitig* verabfolgt, entsteht durch D. 200 (100 r + 100" UV) eine deutliche Strahlenschädigung. Die Kurve verläuft in Intervallen von 30—40 % dauernd unter den Werten der unbestrahlten Kontrolle. D. 100, 50 und 20 dagegen führen zu Werten, die in bezug auf die theoretische Addition leicht gehemmt, aber mit 140 % bis 160 % erwartungsgemäß positiv bleiben.
7. Ein *Vergleich der theoretischen Addition* mit den *wirklichen Summationswerten* führt zu einem *Differenzwert*, den wir als *spezifische Summationswirkung* bezeichnen. Die Erklärung hierfür lässt sich wohl aus allgemein-röntgenologischen Erfahrungen ableiten: Das UV-Licht stimuliert das Zellsystem; nachfolgende Röntgenstrahlen wirken deshalb intensiver. Wird UV-Licht dem röntgenbestrahlten Keimling nachgegeben, erhalten wir in bezug auf die theoretische Addition ebenfalls ein ausgesprochenes Schadensbild. Das Zellgewebe ist durch Röntgenwirkung sensibilisiert worden und reagiert nun deutlich auf die nachfolgenden UV-Strahlen.

Résumé.

Les expériences ont porté sur la croissance de radicules de *Vicia Faba equina*, qui ont subi un traitement combiné de rayons Röntgen et Ultraviolets. Les résultats obtenus donnent une somme spécifique: les radicules sont plus fortement lésées par ce traitement combiné que si l'on additionnait les lésions dues respectivement aux rayons de Röntgen et aux rayons Ultraviolets. Les trois essais: Rayons Röntgen après rayons UV, les deux ensemble, rayons UV après rayons Röntgen, montrent que l'ordre dans lequel ils se succèdent n'a aucune importance.

VII. Literaturverzeichnis.

1. B o g m a n n , E. : Strahlenbiologische Versuche mit ultraviolettem Licht an der Puppe von *Drosophila melanogaster*. Diss. Bern 1942.
 2. D o e l k e n , K. : Weitere strahlenbiologische Versuche mit *Vicia Faba equina* unter spez. Berücksichtigung des Zeitfaktors. Diss. Bern 1941.
 3. H a u s e r , J. : Strahlenbiologische Versuche mit *Vicia Faba equina* unter spez. Berücksichtigung der Temperaturabhängigkeit. Diss. Bern 1943.
 4. H e r r e n , P. : Untersuchungen über die Wirkung von Ultraviolettstrahlen auf biologische Objekte unter spez. Berücksichtigung der Intensität. Diss. Bern 1940.
 5. H o l t h u s e n , H. : Grundlagen und Praxis der Röntgenstrahlen-Dosierung. Leipzig 1933. G. Thieme.
 6. K o e r n i c k e , M. : Handbuch der Rö.-Ther. S. 157. Leipzig 1924.
 7. L e n h e r r , H. : Der Einfluß von Röntgen- und Ultraviolettstrahlen auf das Wachstum des Keimlings von *Triticum vulgare*. Diss. Bern. 1942.
 8. L i e c h t i , A. : Über den Zeitfaktor der biolog. Strahlenwirkung (Str. Th. 33, 1929).
 9. L ö w y , H. : Strahlenbiologische Versuche mit den Puppen der Fruchtfliege *Drosophila melanogaster*. Diss. Bern 1940.
 10. S a l z m a n n , A. : Über den Einfluß von Röntgenstrahlen auf das Wachstum der Pferdebohne (*Vicia Faba equina*). Diss. Bern 1942.
 11. Z u p p i n g e r , A. : Radiologische Untersuchungen an *Ascarideneiern*. (Str. Th. 28, 1928, 639.)
-