

**EUR 2510. d**

ASSOCIATION  
EUROPÄISCHE ATOMGEMEINSCHAFT — EURATOM  
INSTITUUT VOOR TOEPASSING VAN ATOOMENERGIE  
IN DE LANDBOUW — ITAL

DER EINFLUSS DER  
PENETRANZVERHÄLTNISSE MUTIERTER  
GENE AUF DIE LEISTUNGSFÄHIGKEIT  
VON POSITIVMUTANTEN

von

W. GOTTSCHALK

1965



Bericht abgefasst von der Universität Bonn, Deutschland

Assoziation Nr. 003-61-5 BIAN

## HINWEIS

Das vorliegende Dokument ist im Rahmen des Forschungsprogramms der Kommission der Europäischen Atomgemeinschaft (EURATOM) ausgearbeitet worden.

Es wird darauf hingewiesen, daß die Euratomkommission, ihre Vertragspartner und alle in deren Namen handelnden Personen :

- 1° — keine Gewähr dafür übernehmen, daß die in diesem Dokument enthaltenen Informationen richtig und vollständig sind oder daß die Verwendung der in diesem Dokument enthaltenen Informationen oder der in diesem Dokument beschriebenen technischen Anordnungen, Methoden und Verfahren nicht gegen gewerbliche Schutzrechte verstößt;
- 2° — keine Haftung für die Schäden übernehmen, die infolge der Verwendung der in diesem Dokument enthaltenen Informationen oder der in diesem Dokument beschriebenen technischen Anordnungen, Methoden oder Verfahren entstehen könnten.

Dieser Bericht wird zum Preise von 25,- bfrs. verkauft. Bestellungen sind zu richten an : PRESSES ACADÉMIQUES EUROPÉENNES, 98, chaussée de Charleroi, Brüssel 6.

Die Zahlung ist zu leisten durch Überweisung an die :

- BANQUE DE LA SOCIÉTÉ GÉNÉRALE (Agence Ma Campagne) — Brüssel — Konto Nr. 964.558;
- BELGIAN AMERICAN BANK and TRUST COMPANY New York — Konto Nr. 22.186;
- LLOYDS BANK (EUROPE) Ltd. — 10 Moorgate, London E.C. 2,

als Bezug ist anzugeben : « EUR 2510.d — DER EINFLUSS DER PENETRANZVERHÄLTNISSE MUTIERTER GENE AUF DIE LEISTUNGSFÄHIGKEIT VON POSITIVMUTANTEN ».

Gedruckt von Ceuterick, Löwen.  
Brüssel, Oktober 1965.

EUR 2510.d

DER EINFLUSS DER PENETRANZVERHÄLTNISSE MUTIERTER GENE  
AUF DIE LEISTUNGSFÄHIGKEIT VON POSITIVMUTANTEN von  
W. GOTTSCHALK

Assoziation : Europäische Atomgemeinschaft — EURATOM  
Instituut voor Toepassing van Atoomenergie in de Landbouw —  
ITAL

Bericht abgefasst von der Universität Bonn (Deutschland)

Assoziation Nr. 003-61-5 BIAN

Brüssel, Oktober 1965 — 14 Seiten — 4 Abbildungen.

Es wurden 4 röntgeninduzierte Mutanten von *Pisum sativum* bearbeitet, die durch eine Gabelung des Stengels gekennzeichnet und wegen ihrer guten Ertragsverhältnisse als Positivmutanten anzusehen sind. Hierbei wurden folgende Ergebnisse erzielt :

1. Die Stengelgabelung bewirkt eine Zunahme der Hülsenzahl je Pflanze und damit eine Ertragssteigerung gegenüber der Ausgangsform. Infolge einer

EUR 2510.d

INFLUENCE OF PENETRANCE OF MUTANT GENES ON THE CAPACITY  
OF POSITIVE MUTANTS by W. GOTTSCHALK

Association: European Atomic Energy Community — EURATOM  
Instituut voor Toepassing van Atoomenergie in de Landbouw —  
ITAL

Report prepared at the University of Bonn (Germany)

Association No. 003-61-5 BIAN

Brussels, October 1965 — 14 pages — 4 figures.

During 1961-1964 four X-ray induced mutant types of *Pisum sativum* were studied showing a dichotomy or a forking of the stem. The following results were obtained:

1. In consequence of the dichotomy of the stem an increase of number of pods per plant occurs resulting in an increase in yield. Because of a reduction in

EUR 2510.d

INFLUENCE OF PENETRANCE OF MUTANT GENES ON THE CAPACITY  
OF POSITIVE MUTANTS by W. GOTTSCHALK

Association: European Atomic Energy Community — EURATOM  
Instituut voor Toepassing van Atoomenergie in de Landbouw —  
ITAL

Report prepared at the University of Bonn (Germany)

Association No. 003-61-5 BIAN

Brussels, October 1965 — 14 pages — 4 figures.

During 1961-1964 four X-ray induced mutant types of *Pisum sativum* were studied showing a dichotomy or a forking of the stem. The following results were obtained:

1. In consequence of the dichotomy of the stem an increase of number of pods per plant occurs resulting in an increase in yield. Because of a reduction in

EUR 2510.d

INFLUENCE OF PENETRANCE OF MUTANT GENES ON THE CAPACITY  
OF POSITIVE MUTANTS by W. GOTTSCHALK

Association: European Atomic Energy Community — EURATOM  
Instituut voor Toepassing van Atoomenergie in de Landbouw —  
ITAL

Report prepared at the University of Bonn (Germany)

Association No. 003-61-5 BIAN

Brussels, October 1965 — 14 pages — 4 figures.

During 1961-1964 four X-ray induced mutant types of *Pisum sativum* were studied showing a dichotomy or a forking of the stem. The following results were obtained:

1. In consequence of the dichotomy of the stem an increase of number of pods per plant occurs resulting in an increase in yield. Because of a reduction in

Penetranzabschwächung der mutierten Gene tritt die Gabelung jedoch nur bei einem Teil der Pflanzen in Erscheinung. Die ungegabelten Modifikanten liegen im Ertrag deutlich unter den Vergleichswerten der gegabelten Modifikanten.

2. Der Penetranzgrad unseres Materials variierte in den Jahren 1961-1964 zwischen 22 und 78 %. Trotz der züchterisch nachteiligen Penetranzabschwächung waren die 4 mutierten Stämme in ihren Ertragsverhältnissen der Stammform ebenbürtig oder überlegen. Sie stellen damit ein züchterisch brauchbares Material dar. Die Befunde sind ein anschauliches Beispiel dafür, daß die Penetranzverhältnisse mutierter Gene die Ertragsleistung von Zuchtstämmen beeinflussen können.

penetrance of the mutant genes the dichotomy appears only in a distinct portion of the plants of these strains. The non-forked modificants show a strong reduction in yield compared with the forked modificants.

2. The degree of penetrance of our material varied between 22 and 78 % during 1961-1964. The reduction of penetrance is a negative factor of our strains; nevertheless, they show a good yield in comparison with the original line. Therefore, they represent a useful material for plant breeding.

penetrance of the mutant genes the dichotomy appears only in a distinct portion of the plants of these strains. The non-forked modificants show a strong reduction in yield compared with the forked modificants.

2. The degree of penetrance of our material varied between 22 and 78 % during 1961-1964. The reduction of penetrance is a negative factor of our strains; nevertheless, they show a good yield in comparison with the original line. Therefore, they represent a useful material for plant breeding.

penetrance of the mutant genes the dichotomy appears only in a distinct portion of the plants of these strains. The non-forked modificants show a strong reduction in yield compared with the forked modificants.

2. The degree of penetrance of our material varied between 22 and 78 % during 1961-1964. The reduction of penetrance is a negative factor of our strains; nevertheless, they show a good yield in comparison with the original line. Therefore, they represent a useful material for plant breeding.

**EUR 2510. d**

ASSOCIATION  
EUROPÄISCHE ATOMGEMEINSCHAFT — EURATOM  
INSTITUUT VOOR TOEPASSING VAN ATOOMENERGIE  
IN DE LANDBOUW — ITAL

DER EINFLUSS DER  
PENETRANZVERHÄLTNISSE MUTIERTER  
GENE AUF DIE LEISTUNGSFÄHIGKEIT  
VON POSITIVMUTANTEN

von

W. GOTTSCHALK

1965



Bericht abgefasst von der Universität Bonn, Deutschland

Assoziation Nr. 003-61-5 BIAN



## INHALTSVERZEICHNIS

1 — EINLEITUNG . . . . .	5
2 — MATERIAL UND METHODE . . . . .	5
3 — DIE EMPIRISCHEN BEFUNDE . . . . .	6
3.1 — Die Morphologie der Mutanten und die Penetranzverhältnisse der mutierten Gene . . . . .	6
3.2 — Die Ertragsverhältnisse der gegabelten und ungegabelten Modifikanten . .	9
3.3 — Die genetischen Verhältnisse der Mutanten . . . . .	13
4 — DISKUSSION . . . . .	14
LITERATUR . . . . .	14

### **Zusammenfassung**

Es wurden 4 röntgeninduzierte Mutanten von *Pisum sativum* bearbeitet, die durch eine Gabelung des Stengels gekennzeichnet und wegen ihrer guten Ertragsverhältnisse als Positivmutanten anzusehen sind. Hierbei wurden folgende Ergebnisse erzielt :

1. Die Stengelgabelung bewirkt eine Zunahme der Hülsenzahl je Pflanze und damit eine Ertragssteigerung gegenüber der Ausgangsform. Infolge einer Penetranzabschwächung der mutierten Gene tritt die Gabelung jedoch nur bei einem Teil der Pflanzen in Erscheinung. Die ungegabelten Modifikanten liegen im Ertrag deutlich unter den Vergleichswerten der gegabelten Modifikanten.
2. Der Penetranzgrad unseres Materials variierte in den Jahren 1961-1964 zwischen 22 und 78 %. Trotz der züchterisch nachteiligen Penetranzabschwächung waren die 4 mutierten Stämme in ihren Ertragsverhältnissen der Stammform ebenbürtig oder überlegen. Sie stellen damit ein züchterisch brauchbares Material dar. Die Befunde sind ein anschauliches Beispiel dafür, daß die Penetranzverhältnisse mutierter Gene die Ertragsleistung von Zuchtstämmen beeinflussen können.

# DER EINFLUSS DER PENETRANZVERHÄLTNISSE MUTIERTER GENE AUF DIE LEISTUNGSFÄHIGKEIT VON POSITIVMUTANTEN \*

## 1 — EINLEITUNG

Die Brauchbarkeit der experimentellen Mutationsforschung in der Pflanzenzüchtung ist durch die Schaffung einer großen Anzahl mutierter Stämme erwiesen, die sich in spezifischen Merkmalen positiv von ihren Ausgangsformen unterscheiden. Die Erfahrungen, die nach der Bearbeitung umfangreicher Mutantensortimente einer größeren Anzahl verschiedener Kulturpflanzen gemacht worden sind, zeigen jedoch, daß nach Anwendung mutagener Agentien nur höchst selten Mutanten zu erwarten sind, die sich unmittelbar zu Sorten ausbauen lassen. In der Regel entsprechen ihre Ertragseigenschaften nicht den hohen Anforderungen, die an eine Zuchtsorte gestellt werden. In einigen Fällen konnte jedoch gezeigt werden, daß ein bestimmtes mutiertes Gen in verschiedenen Sorten oder Stämmen unterschiedliche Leistungen ermöglicht. Die züchterische Brauchbarkeit einer Mutante kann folglich erst nach Abschluß umfangreicher Kreuzungsarbeiten endgültig beurteilt werden. Die Mutationszüchtung muß also in die Kombinationszüchtung einbezogen werden, wenn sie sinnvoll betrieben werden soll; ihr Hauptwert wird heute in der Erweiterung des Genotypenreichtums unserer Kulturpflanzen-Sortimente gesehen.

Die Ursachen der obengenannten Schwierigkeiten dürften vornehmlich auf dem Sektor der pleiotropen Wirkungsweise mutierter Gene liegen: das Gen ist nicht nur für den züchterisch positiven Effekt verantwortlich, es beeinflußt darüberhinaus noch Eigenschaften des Organismus, die sich in züchterischer Beziehung negativ auswirken (Beispiele bei GOTTSCHALK 1963). Die züchterische Eignung von Positivmutanten kann in Einzelfällen auch durch die Penetranzverhältnisse der mutierten Gene beeinflußt werden. Unter « Penetranz » versteht TIMOFEEFF-RESSOVSKY (1927, 1931) die Manifestationshäufigkeit eines Gens. In der Regel zeigen mutierte Gene vollständige Penetranz, d.h. die Wirkung des Gens wird in jedem Organismus der betreffenden reinen Linie erkennbar. In seltenen Fällen kann unvollständige Penetranz realisiert sein: trotz Homozygotie des ganzen Bestandes im Hinblick auf das mutierte Gen tritt seine Wirkung nicht bei allen Individuen in Erscheinung. Der Penetranzgrad wird als Prozentwert ausgedrückt. Entsprechen beispielsweise nur zwei Drittel aller Organismen phänotypisch dem mutierten Zustand, so liegt ein Penetranzgrad von 67% vor.

Im Rahmen unserer strahlengenetischen Versuch an *Pisum sativum* sind einige gegabelte Mutanten mit guten Ertragseigenschaften aufgetreten. Die mutierten Gene zeigen deutliche Penetranzabschwächung, die sich in anschaulicher Weise auf die Ertragsleistung dieser Formen auswirkt. Trotzdem sind die Mutanten nicht nur der Ausgangsform ebenbürtig, sondern teilweise überlegen, so daß die ganze Gruppe für die praktische Erbsenzüchtung von Interesse sein dürfte.

## 2 — MATERIAL UND METHODE

Es wurden ruhende Samen der Handelssorte « Dippes gelbe Viktoria » von *Pisum sativum* mit 11 000 r bestrahlt. Neben einer großen Anzahl züchterisch uninteressanter Formen traten in der X<sub>2</sub>- bzw. X<sub>3</sub>-Generation dieser Versuchsserie die durch eine Stengelgabelung gekennzeichneten Mutanten 157 A, 239 und 1201 A auf.

(\*) Manuskript erhalten am 8 Juli 1965

Im Embryo 239 mutierte im Zuge der Bestrahlung noch ein zweites Gen, das eine geringfügige Blütenanomalie hervorruft. Die Mutante 239 C ist nur im Hinblick auf das Gen für Stengelgabelung homozygot, während die Mutante 239 CH beide mutierte Gene besitzt.

Darüberhinaus wurde in unsere Versuche noch der Stamm 46 C einbezogen, der im Hinblick auf zwei mutierte Gene homozygot ist. Eins dieser Gene bewirkt die Ausbildung der untersten Blüten am 4. bis 6. Tragblatt, während sie bei der Stammform in Höhe des 10. bis 14. Tragblattes sitzen. Die Mutante tritt dadurch 10-14 Tage vor der Kontrolle in die Blühperiode ein und samt auch früher ab. Durch Bastardierung dieser Form mit der Mutante 157 A entstand der gegabelte, frühblühende Zuchtstamm 46 C.

Die Aufzucht des Materials erfolgte an Maschendrahtzäunen in Abständen von 6 cm. Da bei vollreifen Erbsen starke Ernteverluste eintreten, wurden die Ertragsbestimmungen im noch voll turgeszenten Zustand der Pflanzen an grünen Hülsen auf dem Versuchsfeld durchgeführt. Auf diese Weise erhielten wir zwar exakte Daten, es konnte aber nur ein kleiner Teil des Materials für Vermehrungszwecke verwendet werden. Es steht uns nunmehr jedoch genügend Saatgut für die Durchführung mehrjähriger Leistungsprüfungen zur Verfügung, die innerhalb der nächsten 2-3 Jahre zu einer endgültigen Beurteilung des züchterischen Werts der mutierten Stämme führen werden.

Die Bestrahlungen wurden mit einer Röntgenapparatur vom Typ MG 150 der Firma Müller, Hamburg, durchgeführt. Die mittlere Dosisausbeute betrug bei 150 kV, 20 mA und einem Fokusabstand von 50 cm etwa 100 r pro Minute; Filter wurden nicht verwendet.

### 3 — DIE EMPIRISCHEN BEFUNDE

#### 3.1. Die Morphologie der Mutanten und die Penetranzverhältnisse der mutierten Gene.

Eine kleine Gruppe von Mutanten unseres Sortimentes ist durch ein atypisches Verhalten des Spitzenvegetationskegels des Hauptsprosses gekennzeichnet. Er wird in einem relativ späten Stadium der Ontogenese in zwei selbständig funktionierende Teilkegel aufgegliedert, von denen jeder einzelne für die Weiterentwicklung eines eigenen Sprosses verantwortlich ist. Dadurch



Abb.1 — Apikale Sproßregion einer fruchtenden Pflanze der Mutante 157 A. Die Stengelgabelung und in Verbindung damit der gute Hülsenbesatz sind deutlich erkennbar.

kommt in der oberen Sproßregion eine Gabelung mit zwei gleichwertigen Stengelenden zustande, die regelmäßig von einer Verbänderung des unterhalb der Gabelstelle gelegenen Internodiums begleitet ist (Abb. 1). Die Wirkung der betreffenden Gene besteht folglich darin, daß anstelle des für *Pisum* charakteristischen Monopodiums ein dichotomes Verzweigungssystem realisiert wird. Infolge der Erhöhung der Anzahl samentragender Sprosse ist bei derartigen Organismen eine Ertragssteigerung zu erwarten, die züchterisch von Interesse ist (morphologische Einzelheiten dieser Mutanten bei GOTTSCHALK 1964).

Ein eigenartiges Verhalten der ganzen Gruppe besteht darin, daß es nicht möglich ist, die Stengelgabelung über mehrere Generationen hinweg konstant zu erhalten; es treten vielmehr in der Nachkommenschaft einer jeden gegabelten Pflanze in wechselnder Anzahl phänotypisch normale Individuen auf. Zieht man von einer derartig « spaltenden » Familie getrennte Nachkommenschaften gegabelter und ungegabelter Individuen auf, so erhält man generell folgende Befunde :

- 1) In beiden Fällen sind innerhalb der gleichen Nachkommenschaft wiederum gegabelte und ungegabelte Individuen vorhanden.
- 2) Im Hinblick auf das Zahlenverhältnis der beiden Gruppen sind keine gesetzmäßigen Unterschiede zwischen den Nachkommenschaften gegabelter und ungegabelter Pflanzen feststellbar.

Die etwas kompliziert erscheinenden Befunde seien anhand der in Tab. I zusammengestellten Daten erläutert. Im Sommer 1963 wurden von der Mutante 1201 A insgesamt 29 Nachkommenschaften gegabelter Mutterpflanzen aufgezogen. Von den 564 auswertbaren Pflanzen dieses Nachbaus waren 202 ungegabelt und 362 gegabelt, das entspricht einem Anteil von 64,2%. Gleichzeitig wurden 42 Nachkommenschaften ungegabelter Pflanzen mit 1036 Individuen aufgezogen, von denen 304 ungegabelt und 732 gegabelt waren (= 70,7%). Der Anteil gegabelter Individuen lag also in beiden Fällen in der gleichen Größenordnung. Der Versuch wurde in der Vegetationsperiode 1964 wiederholt und führte zum gleichen Ergebnis: in den Nachkommenschaften gegabelter Pflanzen betrug der Anteil gegabelter Individuen 64,1%, während der Vergleichswert in den Nachkommenschaften ungegabelter Pflanzen bei 63,7% lag. Der Stengelbau der Mutterpflanzen blieb also auf das Ergebnis ohne Einfluß, desgleichen war eine Selektion gegabelter Pflanzen in derartigen Familien erfolglos. Hieraus muß geschlossen werden, daß das gesamte Material homozygot mutiert ist und daß die gegabelten und ungegabelten Pflanzen als unterschiedliche Modifikanten des gleichen Mutationstypus zu interpretieren sind. Das mutierte Gen bewirkt zwar eine Stengelgabelung, die Genwirkung manifestiert sich jedoch nicht in jedem Individuum der betreffenden reinen Linie, es ist vielmehr eine Penetranzabschwächung feststellbar. Für die anderen Mutanten dieser Gruppe gilt die gleiche Gesetzmäßigkeit; Einzelheiten können der Tab. I entnommen werden.

Interessanterweise treten nicht nur zwischen den verschiedenen Mutanten, sondern auch innerhalb des gleichen Mutationstypus Penetranzunterschiede auf, wenn wir die Befunde verschiedener Vegetationsperioden miteinander vergleichen. In Tab. II sind die diesbezüglichen Daten zusammengestellt; außerdem ist der Umfang des Materials angegeben, an dem sie gewonnen wurden. Bei der Mutante 1201 A schwankte der Penetranzgrad innerhalb von 3 Versuchsjahren zwischen 34 und 78%. Bei den anderen Mutanten der Gruppe sind die Schwankungen nicht so groß, aber doch deutlich genug, um sie als Ausdruck einer bestimmten Gesetzmäßigkeit aufzufassen. Ihre Ursachen sind noch nicht bekannt. Die Befunde der Vegetationsperiode 1964 könnten jedoch gewisse Hinweise geben. Unser Hauptversuchsmaterial wurde im Sommer 1964 auf ganz leichtem, sandigem Boden ohne zusätzliche Bewässerung aufgezogen. Während der Monate Mai und Juni fielen zwar 94 mm Regen, die Niederschlagsmenge beschränkte sich jedoch im wesentlichen auf 2 Gewitter, die den Sandboden nur für kurze Zeit feucht hielten. Die Pflanzen wuchsen also unter extrem trockenen Bedingungen auf. Einige Wochen nach dem üblichen Aussaat-Termin wurde der gleiche Versuch an einem zweiten Standort auf schwererem

TABELLE I

*Der Penetranzgrad der gegabelten Mutanten 46 C, 157 A, 239 C, 239 CH und 1201 A (Erläuterung im Text).*

Mutante	Mutterpflanzen gegabelt				Mutterpflanzen ungegabelt				Gesamtsummen			Gesamt-Penetranz in %
	Gegabelt	Ungegabelt	Gesamtzahl	Penetranzgrad in %	Gegabelt	Ungegabelt	Gesamtzahl	Penetranzgrad in %	Gegabelt	Ungegabelt	Gesamtzahl	
1963 : 1201 A	362	202	564	64,2	732	304	1036	70,7	1094	506	1600	68,4
1964 :												
46 C	62	63	125	49,6	82	86	168	49,8	144	149	293	49,1
157 A	48	42	90	53,3	7	5	12	(58,3)	55	47	102	53,9
239 C	50	136	186	26,9	71	122	193	36,8	121	258	379	31,9
239 CH	94	108	202	46,5	79	110	189	41,8	173	218	391	44,3
1201 A	100	56	156	64,1	93	53	146	63,7	193	109	302	63,9

Boden unter fortlaufender Beregnung wiederholt. Über die Niederschlagsmengen dieser zweiten Serie können keine genauen Angaben gemacht werden, der Vergleich der Ertragsverhältnisse zeigt jedoch die extrem unterschiedlichen Lebensbedingungen der beiden Bestände. Für die Mutante 1201 A z.B. wurden im Hinblick auf das Merkmal « Kornzahl je Pflanze » folgende Mittelwerte erzielt :

- Frühsaat, Sandboden, extrem trocken und heiß :  $M = 20,9$ ;
- Spätsaat, schwerer Boden, sehr feucht :  $M = 34,5$ .

TABELLE II  
*Der Penetranzgrad der gegabelten Mutanten in den Jahren 1961 bis 1964*

Mutante	Gesamtzahl der ausgewerteten Pflanzen	Penetranzgrad in %			
		1961	1963	1964	
				extrem trockener Standort	extrem feuchter Standort
46 C	891	—	64,7	49,1	41,3
157 A	781	—	41,0	53,9	40,8
239 C	1042	49,3	54,9	31,9	22,3
239 CH	1114	39,8	50,9	44,3	30,7
1201 A	1272	78,2	70,3	63,9	33,8

Wie Tab. II zeigt, war der Penetranzgrad unter den extrem schlechten Kulturbedingungen bei allen Mutanten wesentlich höher als unter den günstigen Bedingungen.

Die Beziehungen zwischen der Penetranz der mutierten Gene und den klimatologischen Verhältnissen sind jedoch nicht so klar, wie es anhand des eben gezogenen Vergleichs scheinen könnte. Im Jahre 1963 war das gleiche Material ebenfalls auf leichtem Sandboden aufgezogen worden; gute Düngung und reichliche gleichmäßige Niederschläge (115 mm Regen in den Monaten Mai und Juni) sorgten jedoch für eine außergewöhnlich gute Entwicklung der Bestände mit hohen Erträgen. Der Mittelwert für die Samenzahl je Pflanze lag bei der Mutante 1201 A mit 51,9 weit über den Vergleichswerten von 1964. Man sollte daher bei Berücksichtigung der Befunde von 1964 besonders niedrige Penetranzgrade erwarten, sie lagen jedoch — mit Ausnahme der Mutante 157 A — außergewöhnlich hoch.

Aus unseren bisherigen Befunden kann mit Sicherheit geschlossen werden, daß die Penetranz der fraglichen Gene durch Außenbedingungen beeinflusst wird, es ist jedoch noch nicht klar, welche Faktoren hierbei eine Rolle spielen. Auf jeden Fall ist die in züchterischer Beziehung vorteilhafte Erhöhung des Penetranzgrads einer experimentellen Bearbeitung zugänglich; es sind hierfür jedoch Klimakammern notwendig, die uns z.Z. noch nicht zur Verfügung stehen. Außerdem muß noch geklärt werden, wie die Stengelgabelung histogenetisch zustande kommt.

### 3.2. — Die Ertragsverhältnisse der gegabelten und ungegabelten Modifikanten

Es ist zu erwarten, daß die gegabelten Modifikanten der in der vorliegenden Arbeit behandelten Genotypen bessere Ertragsverhältnisse aufweisen als die ungegabelten. Für die züchterische Praxis ist jedoch die Ertragsleistung des mutierten Stammes in seiner Gesamtheit maßgebend. Das für unser Material entscheidende Problem wird folglich darin liegen, in welchem Maße die ungegabelten Pflanzen die Ertragsleistung unserer Stämme vermindern. Darüberhinaus muß

nach Möglichkeiten gesucht werden, den Penetranzgrad der mutierten Gene dieser Stämme zu erhöhen und damit den leistungsmindernden Einfluß der ungegabelten Individuen abzuschwächen.

Vergleichen wir zunächst die Ertragseigenschaften der beiden Modifikanten bei den verschiedenen Mutationstypen der Gruppe. Hierzu wurden von einer größeren Anzahl von Pflanzen jeweils die Ertragsmerkmale « Hülsenzahl je Pflanze » und « Samenzahl je Hülse » ausgewertet, aus denen sich die Mittelwerte für die Kornzahl je Pflanze errechnen lassen. Bis jetzt liegen Ertragsbestimmungen aus 2 bzw. 3 Vegetationsperioden vor. Um den Unterschied zwischen den beiden Modifikanten zu demonstrieren, sollen die Werte unserer Ausgangsform zunächst unberücksichtigt bleiben. Es sind vielmehr die Erträge der gegabelten Individuen auf die Vergleichswerte der ungegabelten Pflanzen der betreffenden Mutationstypen = 100% bezogen und in Abb. 2 graphisch dargestellt worden.

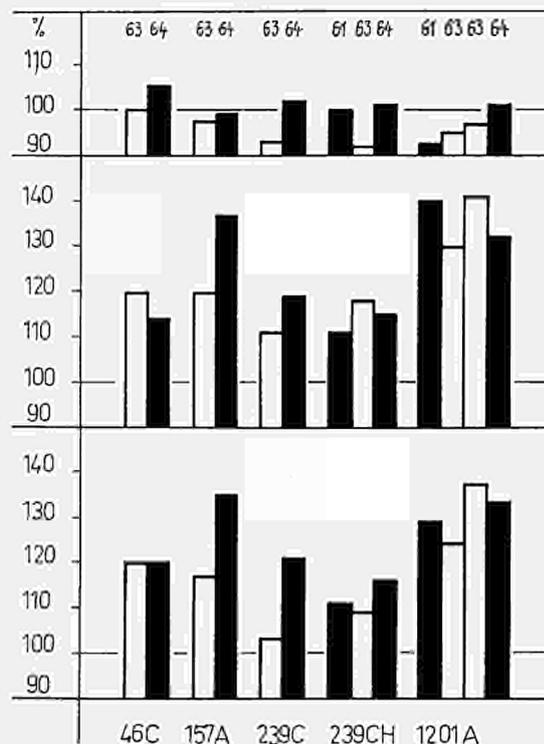


Abb. 2 — Vergleich verschiedener Ertragsmerkmale gegabelter und ungegabelter Pflanzen der Mutanten 46 C, 157 A, 239 C, 239 CH und 1201 A. Die Säulenhöhe gibt die Mittelwerte der gegabelten Individuen an, bezogen auf die Vergleichswerte der ungegabelten Modifikanten = 100 %.

Oberer Teil : Kornzahl je Hülse,  
 mittlerer Teil : Hülsenzahl je Pflanze,  
 unterer Teil : Kornzahl je Pflanze.

Im Hinblick auf das Merkmal « Kornzahl je Hülse » lassen sich keine prinzipiellen Unterschiede zwischen den beiden Klassen feststellen. (Abb. 1, oberer Teil). Bezüglich des Merkmals « Hülsenzahl je Pflanze » traten jedoch bei allen Mutanten in jeder geprüften Generation deutliche Unterschiede auf : die Mittelwerte der gegabelten Individuen lagen um 10-41% über den Vergleichswerten der ungegabelten (mittlerer Teil). Als Folge hiervon erfährt auch das Gesamt-Leistungsniveau der gegabelten Formen eine deutliche Erhöhung (unterer Teil). Die Stengelgabelung bedingt also eine Zunahme der Hülsenzahl je Pflanze, der keine nennenswerte Abnahme der Kornzahl je Hülse entgegenwirkt. Hieraus resultiert eine Ertragssteigerung, die bei den verschiedenen Mutanten der Gruppe in den geprüften Jahren zwischen 3 und 37% variierte.

Diese Werte gelten jedoch nur für den gegenseitigen Vergleich der beiden Modifikanten innerhalb der betreffenden Mutationstypen. In züchterischer Beziehung ist aber die Gesamtleistung einer Mutante maßgebend, bezogen auf die Vergleichswerte der Ausgangsform. Im Sommer 1964 wurden von den Genotypen 157 A, 239 C, 239 CH und 1201 A vier Wiederholungen mit jeweils 60 Pflanzen an Maschendrahtzäunen aufgezogen und in ihren Ertragsseigenschaften untereinander und mit der Stammform verglichen. Darüberhinaus standen uns von den Mutanten 239 CH und 1201 A Ertragsbestimmungen aus den Jahren 1960-63 zur Verfügung, die zwar teilweise an etwas niedrigeren Individuenzahlen gewonnen wurden, für Vergleichszwecke aber gut herangezogen werden können. Die Befunde sind in Abb. 3 graphisch dargestellt. In der Abbildung sind nicht nur die Gesamterträge der 4 Mutanten, sondern auch die Teilerträge der gegabelten und ungegabelten Modifikanten berücksichtigt.

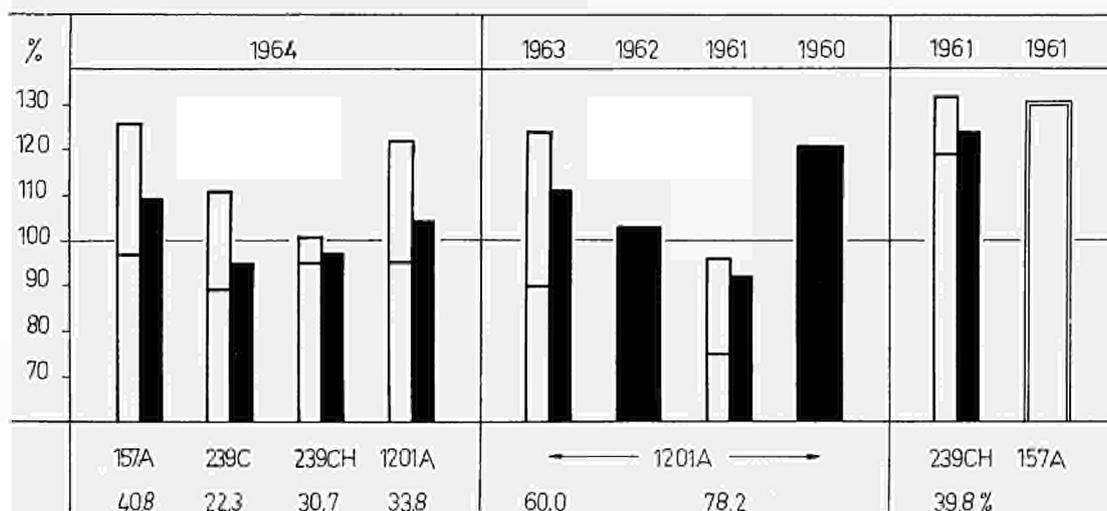


Abb. 3 — Die Ertragsleistung der Mutanten 157 A, 239 C, 239 CH und 1201 A im Vergleich zur Ausgangsform. Die Säulenhöhe gibt den Mittelwert für das Merkmal « Kornzahl je Pflanze » an, bezogen auf den Vergleichswert der Ausgangsform = 100 %. In der linken Hälfte einer jeden Doppelsäule ist der Ertrag der gegabelten Individuen (= Gesamtlänge der Säule) sowie der ungegabelten Individuen (unterer Teil der Säule) getrennt angegeben. Die rechte, schwarze Hälfte einer jeden Doppelsäule gibt den Gesamtertrag des Stammes an. Unter den Nummern der Mutanten ist der jeweilige Penetranzgrad des mutierten Gens in % vermerkt.

Der züchterische Vorteil der Stengelgabelung kommt in den günstigen Ertragsleistungen der gegabelten Modifikanten zum Ausdruck, die ein Maximum von 32% über den Kontrollwerten erreichten (Mutante 239 CH; Sommer 1961). Leider liegen die Vergleichswerte der ungegabelten Modifikanten nicht nur erheblich unter den Werten der gegabelten Formen, sie erreichen vielmehr noch nicht einmal die Kontrollwerte und drücken damit das Gesamt-Leistungsniveau der mutierten Stämme herab. Trotzdem lagen die Samenerträge in einer Höhe, die bei Mutanten nur äußerst selten erreicht wird. Der Stamm 1201 A, von dem bisher die umfangreichsten Befunde vorliegen, überstieg die Leistungsfähigkeit der Stammform bei Berücksichtigung von 5 aufeinanderfolgenden Jahren viermal, und zwar um 2- 21%. Lediglich im Sommer 1961 wurde nach Auswertung von knapp 200 Pflanzen ein Wert von nur 91,4% der Leistung der Ausgangsform erreicht. Auch die Mutanten 239 CH und 157 A lagen mit ihren Ertragsleistungen von 97 bis 124% sehr günstig. Die gute Ertragsleistung der Mutante 157 A im Sommer 1961 kann nur bedingt für diesen Vergleich herangezogen werden, da für die Ertragsbestimmung nur eine geringe Individuenzahl zur Verfügung stand. Die Mutante zeigte jedoch auch im Jahre 1964 nach Auswertung von 152 Pflanzen bessere Erträge als das Kontrollmaterial. Die ganze Gruppe kann folglich trotz der negativen Wirkung der Penetranzabschwächung der mutierten

Gene mit Berechtigung als züchterisch brauchbar bezeichnet werden. Von allen vier Mutanten steht nunmehr genügend Saatgut für mehrjährige Leistungsprüfungen mit statistischer Auswertung zur Verfügung.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß der wesentlichste Vorteil unserer Mutanten in der Erhöhung der Hülsenzahl je Pflanze liegt. Dieser Vorteil macht sich jedoch nur bei den gegabelten Modifikanten der 4 Mutationstypen bemerkbar, während die Mittelwerte der ungegabelten Formen weit unter den Kontrollwerten des Ausgangsmaterials liegen. Die Verhältnisse sind in Abb. 4 dargestellt, die im Aufbau der Abb. 3 entspricht. Die Rolle des Penetranzgrades der mutierten Gene wird hier besonders deutlich. Die gegabelten Individuen der genannten Mutanten erreichten im Sommer 1964 im Mittel Hülsenzahlen von 97 bis 125% der Vergleichswerte der Kontrolle, während die entsprechenden Werte des ungegabelten Materials im Bereich von 79 bis 113% lagen. Die Penetranzgrade der Gene waren in der Vegetationsperiode 1964 mit 22 bis 41% sehr niedrig; sie sind in Abb. 4 unter den Nummern der Mutanten angegeben. Dies hat zur Folge, daß die Mittelwerte für die Mutationstypen in ihrer Gesamtheit stark gedrückt wurden; nur die Mutante 157 A war im Hinblick auf die Hülsenzahl je Pflanze noch mit der Ausgangsform konkurrenzfähig. Mit ansteigendem Penetranzgrad der mutierten Gene wird eine Zunahme der gegabelten Individuen innerhalb des Bestandes und damit eine Zunahme der Hülsenzahl je Pflanze verbunden sein. Dies war in den Jahren 1963 und 1961 bei der Mutante 1201 A der Fall. Die Unterschiede zwischen den Mittelwerten der gegabelten und ungegabelten Modifikanten waren bei diesem Material besonders drastisch; da der Penetranzgrad aber mit 60 bzw. 78% sehr hoch lag, wurde in beiden Jahren ein über dem Kontrollwert liegendes Gesamtmittel erreicht.

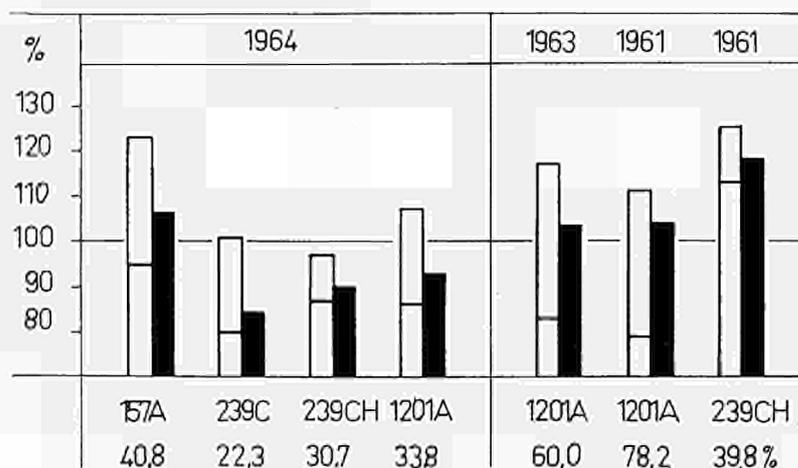


Abb. 4 — Die Mittelwerte für das Merkmal « Hülsenzahl je Pflanze » bei den Mutanten 157 A, 239 C, 239 CH und 1201 A im Vergleich zur Kontrolle (Aufbau der Abbildung wie bei Abb. 3).

Von Bedeutung für die Ertragsleistung unserer Stämme ist schließlich noch die Samenzahl je Hülse. Sie ist bei allen 4 Mutationstypen höher als bei der Ausgangsform. In Abb. 2 wurde bereits gezeigt, daß im Hinblick auf das Merkmal « Kornzahl je Hülse » kein nennenswerter Unterschied zwischen den gegabelten und ungegabelten Modifikanten besteht. Der negative Einfluß des durch die Penetranzabschwächung hervorgerufenen Abfalls der durchschnittlichen Hülsenzahlen wird also durch die günstigeren Ansatzverhältnisse innerhalb der Hülse teilweise wieder ausgeglichen. Für das in Abb. 3 berücksichtigte Material wurden folgende Mittelwerte errechnet :

1964 :	Kontrolle :	3,52	
	Mutante 157 A :	3,61	(= 102,6 % der Kontrolle),
	» 239 C :	3,90	(= 110,8 % » » ),
	» 239 CH :	3,77	(= 107,1 % » » ),
	» 1201 A :	3,92	(= 111,4 % » » ).
1963 :	Kontrolle :	3,30	
	Mutante 1201 A :	3,54	(= 107,3 % der Kontrolle).
1962 :	Kontrolle :	4,14	
	Mutante 1201 A :	4,76	(= 115,0 % der Kontrolle).
1961 :	Kontrolle :	3,44	
	Mutante 157 A :	3,68	(= 107,0 % der Kontrolle),
	» 1201 A :	3,03	(= 88,1 % » » ),
	» 239 CH :	3,63	(= 105,5 % » » ).

Eine Ausnahme machte lediglich die Mutante 1201 A im Sommer 1961 : der Mittelwert für die Kornzahl je Hülse erreichte mit 3,03 eine Höhe von nur 88 % des Vergleichswerts der Ausgangsform. Dieser Abfall dürfte die wesentlichste Ursache der relativ geringen Samenerträge dieser Mutante in der betreffenden Vegetationsperiode sein.

### 3.3. — Die genetischen Verhältnisse der Mutanten

Die genetischen Verhältnisse innerhalb der Gruppe 157 A-239-1201 A sind noch nicht bearbeitet worden; ihre Aufklärung dürfte mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden sein. Spaltungen liegen bisher nur von der Mutante 157 A, in geringem Maße auch von 239 vor : in der  $X_3$ -Generation wurde nach Berücksichtigung von 10 Familien eine Gesamtsplattung von 260 normal : 20 gegabelt gefunden, das entspricht einem Anteil von nur 7,1 %. Die Eigenart der Penetranzverhältnisse des mutierten rezessiven Gens bringt es mit sich, daß eine klare Mendelsplattung nicht in Erscheinung treten kann. Unter der Annahme eines monogenen Erbganges wäre das Herausspalten von 70 Mutanten zu erwarten. Wie soeben dargelegt wurde, kann der Penetranzgrad unseres Materials jedoch in ungünstigen Jahren bis auf 20 oder 30 % absinken. Übertragen wir diese Befunde auf die obige Spaltung, so wäre es möglich, daß von den 70 homozygot mutierten Individuen nur 20-30 % — das sind 14-21 Pflanzen — an ihrer Stengelgabelung als Mutanten zu erkennen sind, während die übrigen 49-56 Pflanzen trotz der Homozygotie des mutierten Gens einen normalen Stengelbau zeigen, folglich nicht als Mutanten klassifiziert werden können. Das Spaltungsergebnis ist also durchaus mit der Annahme eines monohybriden Erbganges verträglich. Bei der Mutante 239 C war der Anteil gegabelter Individuen noch geringer : unter 51 Pflanzen zweier Familien der  $X_3$ -Generation wurden nur 2 gegabelte gefunden. Das aus ihrem Nachbau erhaltene Material zeigte die gleichen Penetranzverhältnisse wie die übrigen Mutanten der Gruppe, es ist daher nicht am Vorliegen einer echten Spaltung zu zweifeln.

Die Mutanten 239 C und 239 CH enthalten das gleiche mutierte Gen für Stengelgabelung ; bei der letztgenannten Form ist darüberhinaus noch ein zweites rezessives Gen vorhanden, das für die Ausbildung einer geringfügigen Abweichung der Blütenmorphologie verantwortlich ist. Die statistische Auswertung mehrjähriger Leistungsprüfungen wird zeigen, ob die Ertragsleistung der Mutante durch die Anwesenheit dieses zweiten rezessiven Gens in irgend einer Weise beeinflußt wird.

Durch Bastardierungen innerhalb der Gruppe wird sich relativ leicht klären lassen, ob Polymerie vorliegt; es wird jedoch infolge der Schwierigkeiten, die durch die abweichenden Penetranzverhältnisse der Gene zu erwarten sind, mit einem umfangreichen Material gearbeitet werden müssen. Sollten die geringfügigen Unterschiede jedoch auf der Anwesenheit multipler Allele beruhen, so wird sich hierfür kaum ein exakter Nachweis erbringen lassen. Schließlich besteht noch die Möglichkeit, daß die beiden Mutanten 157 A und 1201 A identisch sind. Für die züchterische Bearbeitung der ganzen Gruppe sind diese Schwierigkeiten ohne Belang.

#### 4 — DISKUSSION

Die Mutanten der in der vorliegenden Arbeit behandelten Gruppe weisen im Hinblick auf ihre züchterische Brauchbarkeit gegenüber der Stammform zwei positive Merkmale auf :

— die Kornzahl je Hülse ist erhöht,

— infolge der Stengelgabelung ist die Hülsenzahl je Pflanze erhöht.

Diesen Positiva steht als Negativum eine Penetranzabschwächung der mutierten Gene gegenüber, die den züchterischen Vorteil der Gabelung einschränkt. Die Ertragsleistung von zumindest zwei der 4 gegabelten Stämme liegt jedoch trotz des ertragsmindernden Einflusses der Penetranzabschwächung in Höhe der Vergleichswerte der Stammform oder darüber. Die durch Röntgenbestrahlung erzeugten Stämme 157 A und 1201 A stellen folglich ein Material dar, das wegen seiner positiven Eigenschaften in die praktische Erbsenzüchtung übernommen und in die Kombinationszüchtung einbezogen werden sollte.

Aus Gründen, die im empirischen Teil dargelegt wurden, würde sich eine weitere Ertragssteigerung durch eine Erhöhung des Penetranzgrades erzielen lassen, die sich in Form einer Zunahme des prozentualen Anteils der ertragreichen gegabelten Individuen innerhalb dieser Stämme auswirken würde. Darüberhinaus wird sich die Gabelung umso vorteilhafter bemerkbar machen, je tiefer die Gabelstelle am Stengel sitzt. Wenn man von der berechtigten Annahme ausgeht, das Material einer jeden der 4 Mutanten repräsentiere eine reine Linie, so müßte jede Form einer Auslese zwecklos sein. Wir haben trotzdem mit einer Selektion begonnen, und zwar nach der Höhe der Gabelstelle am Stengel.

Die Auslese wurde im Sommer 1963 am doppelt rezessiven Stamm 46 C vorgenommen, der aus der Kombination der beiden Positivmutanten 46 (= Frühblüher) und 157 A (= gegabelter Stengel) hervorgegangen ist. In der Vegetationsperiode 1964 wurden die Nachkommenschaften normal gegabelter und sehr tief gegabelter Pflanzen getrennt ausgewertet. Der Penetranzgrad lag im ersten Fall bei 49,8, im zweiten bei 63,6%. Wir möchten diese Differenz noch nicht als Gesetzmäßigkeit betrachten, zumal sich der Befund in genetischer Beziehung nicht interpretieren läßt. Die Selektion wird jedoch an einem wesentlich umfangreicheren Material fortgesetzt werden. Sollten sich die bisherigen Befunde bestätigen, so wäre in Verbindung mit Selektionsmaßnahmen eine Steigerung des Penetranzgrades, d.h. eine weitere Ertragssteigerung der Mutanten der gegabelten Gruppe möglich. Außerdem soll die doppelt rezessive Mutante 46 C mit der Mutante 68 C kombiniert werden, die wegen ihrer günstigen Ertragseigenschaften ebenfalls als Positivmutante zu werten ist. Das mutierte Gen hat die Ausbildung einer erhöhten Anzahl von Samenanlagen im Fruchtknoten zur Folge. Das Ziel dieser Arbeiten besteht in der Schaffung eines Zuchtstammes mit 3 mutierten Genen, d.h. in der Vereinigung der Merkmale Frühreife, Stengelgabelung und hohe Kornzahl je Hülse. Sollte es darüberhinaus noch gelingen, den Penetranzgrad im positiven Sinne zu beeinflussen, so ist ein leistungsfähiger Zuchtstamm zu erwarten.

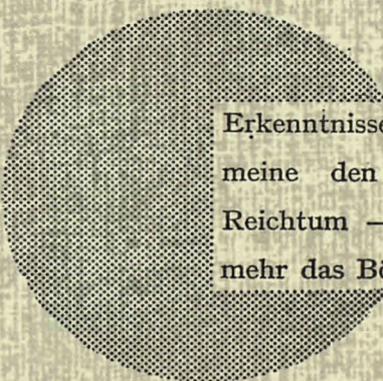
#### LITERATUR

- GOTTSCHALK, W. 1963 : Über begrenzende Faktoren für die züchterische Brauchbarkeit strahleninduzierter Mutanten. (*Atompraxis*, 9, 105-108).
- GOTTSCHALK, W. 1964 : Die Wirkung mutierter Gene auf die Morphologie und Funktion pflanzlicher Organe. (*Bot. Studien*, 14, 1-359).
- TIMOFEEFF-RESSOVSKY, H. 1927 : Studies on the phenotypic manifestation of hereditary factors. I. The gene variation *radius incompletus* in *Drosophila funebris*. (*Genetics*, 12, 128).
- TIMOFEEFF-RESSOVSKY, H. 1931 : Gerichtetes Variieren in der phänotypischen Manifestierung einiger Generationen von *Drosophila funebris*. (*Naturwissensch.*, 19, 493-497).

Die in diesem Dokument genannten Untersuchungen wurden unterstützt vom « Bundesministerium für wissenschaftliche Forschung » und der « Euratom-ITAL Assoziation » in Wageningen Holland.







Erkenntnisse verbreiten ist soviel wie Wohlstand verbreiten — ich meine den allgemeinen Wohlstand, nicht den individuellen Reichtum — denn mit dem Wohlstand verschwindet mehr und mehr das Böse, das uns aus dunkler Zeit vererbt ist.

Alfred Nobel

CDNA02510DEC

EURATOM — C.I.D.  
51 - 53, RUE BELLIARD  
BRUXELLES (BELGIQUE)