

(Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung — Groß-Lüsewitz — der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin.)

Einige Bemerkungen zu einer internationalen Nomenklatur der *Phytophthora*-Rassen und der die *Phytophthora*-Widerstandsfähigkeit kontrollierenden Gene der Kartoffel.

Von R. SCHICK, E. SCHICK und H. HANK.

Seit der ersten Arbeit von SALAMAN (1910) über die Vererbung der Resistenz gegen *Phytophthora infestans* in Spezies-Kreuzungen der Kartoffel und der ersten Arbeit von SCHICK (1932) über das Auftreten einer physiologischen Rasse der *Phytophthora infestans* ist über diese beiden untrennbar miteinander verbundenen Fragen an vielen Orten eingehend gearbeitet worden (s. SWAMINATHAN und HOWARD 1954). Es war außerordentlich schwierig, sich bei der Fülle des Materials eine Übersicht über die Ergebnisse zu verschaffen, da die einzelnen Autoren gleiche *Phytophthora*-Rassen mit verschiedenen und verschiedene Rassen mit gleichen Symbolen bezeichneten. Auch die Wirkung der Resistenzgene gegenüber den verschiedenen Pilzrassen war schwer zu definieren und die von den einzelnen Autoren ebenfalls unterschiedlich bezeichneten Resistenzgene schwer zu identifizieren. 1953 veröffentlichten BLACK, MASTENBROEK, MILLS und PETERSON das Ergebnis gemeinschaftlicher Untersuchungen über das Verhalten der ihnen zur Verfügung stehenden *Phytophthora*-Rassen auf verschiedenen Resistenztypen der Kartoffel. Die unterschiedliche Resistenz aller bei diesen Untersuchungen verwendeten Kartoffeln ist zurückzuführen auf Gene, die aus verschiedenen Formen des *Solanum demissum* stammen. Die genannten Autoren schließen sich in ihrer gemeinsamen Arbeit dem Vorschlag von BLACK für eine internationale Nomenklatur der *Phytophthora*-Rassen und der die *Phytophthora*-Resistenz bedingenden Gene an. Sie bezeichnen die vier von ihnen gefundenen Resistenzgene mit R_1 , R_2 , R_3 und R_4 . Diese vier Gene sind dominant und bewirken jedes für sich Widerstandsfähigkeit gegen eine bestimmte Gruppe von *Phytophthora*-Rassen. Jedes dieser Gene schafft eine Resistenzbarriere, die nur von bestimmten *Phytophthora*-Rassen überwunden werden kann. Die verschiedenen Rassen der *Phytophthora* unterscheiden sich durch ihre Fähigkeit, eine oder mehrere dieser Resistenzbarrieren zu überwinden.

- Rasse 1 befällt den Genotyp R_1 ,
- Rasse 2 befällt den Genotyp R_2 ,
- Rasse 3 befällt den Genotyp R_3 ,
- Rasse 1. 2 befällt die Genotypen R_1 , R_2 und $R_1 R_2$,
- Rasse 1. 2. 3 entsprechend usw.

Aus dieser Vorstellung ergibt sich ein Schema für die Beziehungen zwischen den Rassen und den Genotypen, das BLACK im Jahre 1952 veröffentlicht hat. Nach den jetzt vorliegenden Untersuchungen sind von

den 16 Rassen, die nach diesem Schema identifiziert werden können, von den Autoren 13 gefunden worden, die in Tab. 1 entsprechend diesem Schema eingetragen sind.

Seit dem Jahr 1950 haben wir uns im Institut für Pflanzenzüchtung Groß-Lüsewitz eingehend mit der Frage der physiologischen Spezialisierung bei *Phytophthora infestans* und der Vererbung der Widerstandsfähigkeit gegen die verschiedenen Rassen der *Phytophthora* beschäftigt. Um die bei Spezies-Kreuzungen unvermeidlichen zytologischen Störungen auszuschalten, sollte der Versuch unternommen werden, den Erbgang der Widerstandsfähigkeit innerhalb der reinen Spezies *Solanum demissum* zu ermitteln. Gleichzeitig sollte ein Testsortiment aus homozygoten Formen des *Solanum demissum* aufgebaut werden. Bei allen Versuchen wurden im Gewächshaus kultivierte Pflanzen benutzt. Abgetrennte Blätter wurden in Petrischalen auf feuchtem Fließpapier bei Zimmertemperatur mit gut schwärmenden Zoosporen-Suspensionen infiziert und der Befall nach 3 bis 7 Tagen protokolliert. Die verschiedenen Rassen der *Phytophthora infestans* wurden auf Knollen der Sorte „Sabina“ kultiviert und regelmäßig durch Prüfung von Einsporlinien kontrolliert. Bis zum Jahre 1953 wurden 10 eindeutig unterscheidbare Rassen der *Phytophthora infestans* isoliert und ihr Verhalten auf verschiedenen Herkunftsförmern von *Solanum demissum* und einigen Spezies-Bastarden geprüft. Einige der bisher gewonnenen Ergebnisse sind in Tab. 2 dargestellt.

Ein Teil dieser Ergebnisse läßt sich, wie Tab. 3 zeigt, ohne Schwierigkeiten in das von BLACK entwickelte Schema einfügen. Da unser Resistenztyp R_1 der Sorte „Aquila“ entspricht, die nach den Untersuchungen der genannten Autoren das Gen R_1 besitzt, ist nur noch durch die inzwischen eingeleitete Zusammenarbeit mit den anderen Autoren zu klären, ob R_{II} , R_{III} und R_{IV} richtig gewählt sind und den Resistenztypen der anderen Autoren entsprechen. Bis dahin sollen sie, um Verwechslungen zu vermeiden, mit römischen Ziffern bezeichnet werden.

Ein anderer Teil unserer Ergebnisse läßt sich aber nicht in das gegebene Schema einordnen. Dies ist bedingt durch das Verhalten der 9 in Tab. 2 aufgeführten Rassen auf dem *Solanum demissum* Reddick 521 52.3/99. Dieser, von den anderen Autoren bisher nicht erwähnte Typ ist dadurch gekennzeichnet, daß auf ihm wohl unsere Rasse A (o)¹ wächst, aber nicht

Tabelle 1. Beziehungen zwischen Rassen der *Phytophthora infestans* und Resistenzgenen von *Solanum demissum*-Nachkommen.

		Rassen der <i>Phytophthora infestans</i>															
BLACK		A	B ¹	H	J	D	G	E	B ²	C	/			F			
		N 1	N 2	N 5		N 4			N 7		N 6			N 8		N 9	
MASTENBROEK		N 1	N 2	N 5		N 4			N 7		N 6			N 8		N 9	
MILLS u. PETERSON		A	D	C		B			BD		BC						
International		0	1	2	3	4	1. 2.	1. 3.	1. 4.	2. 3.	2. 4.	3. 4.	1. 2. 3.	1. 2. 4.	1. 3. 4.	2. 3. 4.	1. 2. 3. 4.
Gene	r	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	R ₁	—	+	—	—	—	+	+	+	—	—	—	+	+	+	—	+
	R ₂	—	—	+	—	—	+	—	—	+	+	—	+	+	—	+	+
	R ₃	—	—	—	+	—	—	+	—	+	—	+	+	—	+	+	+
	R ₄	—	—	—	—	+	—	—	+	—	+	+	—	+	+	+	+
	R ₁ R ₂	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	+	+	—	—	+
	R ₁ R ₃	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	+	—	+	—	+
	R ₁ R ₄	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	+	+	—	+
	R ₂ R ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	+	—	—	+	+
	R ₂ R ₄	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	+	—	+	+
	R ₃ R ₄	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	+	+	+
	R ₁ R ₂ R ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	+
	R ₁ R ₂ R ₄	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	+
	R ₁ R ₃ R ₄	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	+
	R ₂ R ₃ R ₄	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+
	R ₁ R ₂ R ₃ R ₄	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+

+ anfällig } beobachtet, + anfällig } theoretisch
 — resistent } — resistent }

Tabelle 2. Das Verhalten verschiedener Formen des *Solanum demissum* gegenüber 9 Rassen von *Phytophthora infestans*.

Formen des <i>Solanum demissum</i>		Bezeichnung der <i>Phytophthora</i> -Rassen									Genotypen ²
		A	B	D	G	E	H	F	K	I	
Reddick	G.L. 4 ¹ 52.20/154	+	+	+	+	+	+	+	+	+	r R ₀ R ₁ R _{II} R _{III} R _{IV}
Reddick 521	G.L. 3 52.3/99	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Reddick	G.L. 4 53.49/6	—	+	+	+	+	+	+	+	+	
Reddick	G.L. 4 53.17/149	—	—	—	+	—	+	—	—	—	
R P.I 14219	53.139/29	—	—	—	—	+	—	+	—	+	
Reddick	G.L. 4 53.1/4	—	—	—	—	—	—	—	+	+	R ₀ R ₁ R ₀ R _{II} R ₀ R _{III} R _{III} R _{IV}
Reddick	G.L. 4 52.11/136	—	—	+	—	—	+	+	+	+	
Reddick	G.L. 4 53.68/19	—	—	—	—	—	+	—	—	—	
Reddick	G.L. 4 53.21/60	—	—	—	—	—	—	+	—	+	
Reddick	G.L. 4 53.30/16	—	—	—	—	—	—	—	—	+	
Reddick 521	G.L. 3 52.3/102	—	—	—	—	—	—	—	—	—	R ₀ R ₁ R _{II} R _{IV} R _V ?
Svaloe 2	G.L. 8 52.28/160	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		0	1	0.1	1.11	1.111	0.1.11	0.1.111	0.1.111.111	0.1.111.111.111	

Neue Bezeichnung der Rassen

¹ alle mit Reddick G. L. 4 bezeichneten Formen stammen von einer Pflanze einer als *Solanum demissum* Reddick bezeichneten Herkunft unseres Sortimentes ab.² alle vorkommenden Gene sind einfachheitshalber nur einmal aufgeführt.

unsere Rasse B (1). Wenn unsere Rasse A tatsächlich der Rasse o der anderen Autoren entspricht, würde die von BLACK und den anderen Autoren gemachte Voraussetzung, daß Widerstandsfähigkeit gegen Rasse o Voraussetzung für Widerstandsfähigkeit gegen jede andere Rasse ist, nicht zutreffen. Unsere Rasse A ist eine im Jahr 1950 in Groß-Lüsewitz im Freiland eingesammelte Rasse, die wohl auf Flava (r), aber nicht auf Aquila (R_1) wächst, sich also genau so verhält, wie die 1931 in Müncheberg und Dahlem eingesammelten Feldpopulationen. Nach dem Auftreten der Rasse B (S von K. O. MÜLLER) konnte SCHICK (1932) zeigen, daß es Bastarde von *Sol. demissum* \times *Sol. tuberosum* gibt, auf denen wohl die Rasse A, aber nicht die Rasse B wächst. Der Resistenztyp des *Sol. demissum* Reddick 521 52.3/99 tritt in unserem Material sehr häufig auf. In das internationale Schema läßt sich dieses Gen mit der Bezeichnung R_0 einfügen. Unter Berücksichtigung der in Abbildung 1 gegebenen Abstammung unsere *Phytophthora*-Rassen ergeben sich dann für die in Tab. 2 aufgeführten 9 Rassen und 10 Resistenztypen die in dieser Tabelle auf der rechten Seite bzw. unten angegebenen Bezeichnungen.

Tabelle 3.

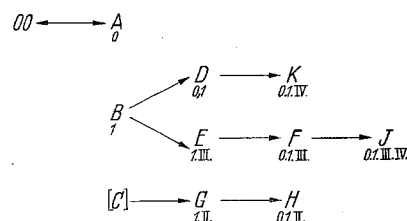
	A o	B I	G I, II	E I, III	K I, IV	I I, III, IV
r	+	+	+	+	+	+
R_1	—	+	+	+	+	+
R_{II}	—	—	+	—	—	—
R_{III}	—	—	—	+	—	+
R_{IV}	—	—	—	—	+	+
$R_{III}R_{IV}$	—	—	—	—	—	+
$R_1 R_{III} R_{IV}$	—	—	—	—	—	—

Noch nicht völlig klar ist das Verhalten unserer zehnten Rasse. Wir bezeichnen sie mit oo, da sie ein noch kleineres Wirtsspektrum besitzt als unsere Rasse A (o). Sie ist dadurch gekennzeichnet, daß sie einen Teil der Pflanzen unseres Resistenztyps R_0 nicht zu befallen vermag. Außerdem gibt es bei *Solanum demissum* anscheinend vereinzelt Formen, die von allen uns bekannten Rassen, aber nicht von unserer Rasse oo befallen werden können. Ob und wie diese Rasse in das internationale Schema einzuordnen ist, müssen weitere Untersuchungen ergeben.

Die Entstehung der in Groß-Lüsewitz aufgefundenen *Phytophthora*-Rassen zeigt Abbildung 1. Im Jahre 1950 begannen die Untersuchungen mit einer Feldpopulation, die zweifellos die Rassen A (o) und B (1) enthielt. Sie enthielt eine weitere Rasse C, die inzwischen verloren ging bzw. sich heute von unserer Rasse A nicht mehr unterscheiden läßt. Die Rasse D entstand 1950 im Laboratorium als Mutation in einer Kultur von B (1). E wurde 1951 im Freiland gefunden. Da die gleiche Rasse gelegentlich im Laboratorium als Mutante in Kulturen von B gefunden wurde, nehmen wir an, daß E eine Mutante von B ist. 1952 wurde F als Mutante in einer Kultur von E gefunden. Auffallend ist, daß diese Mutation in unseren Kulturen sehr häufig auftritt. Im gleichen Jahr wurde G in einer Kultur von C gefunden. 1953 entstand H in

einer Kultur von G, I in einer Kultur von F und K in einer Kultur von D. Außerdem wurde in diesem Jahr unsere Rasse oo im Freiland auf einer sehr früh befallenen Pflanze der Sorte „Sieglinde“ gefunden. Bemerkenswert ist, daß im Jahr 1952 in Scharnhorst a. Rbge. im Versuchsgarten des MAX-PLANCK-Institutes für Züchtungsforschung eine Population eingesammelt wurde, die unsere Rassen E und F enthielt.

Der Stammbaum unserer *Phytophthora*-Rassen zeigt, daß bei *Phytophthora infestans* immer wieder Mutationen auftreten, die dem Pilz die Überwindung weiterer Resistenzbarrieren ermöglichen. In unseren verhältnismäßig kurzfristigen Versuchen traten die Mutation o dreimal, die Mutation 4 zweimal und die Mutationen 2 und 3 je einmal unabhängig voneinander bei der Entstehung neuer Rassen auf. Das Auffinden unserer Rasse oo spricht dafür, daß gelegentlich auch Mutationen auftreten, die den Verlust der Fähigkeit zur Überwindung uns bekannter Resistenzbarrieren bedingen. Man könnte allerdings auch annehmen, daß unsere Rasse oo regelmäßig ein Bestandteil der üblichen Feldpopulation ist und die Rasse A (o), die zweifellos einmal der Hauptbestandteil dieser Population war, eine Mutante unserer Rasse oo ist.

Abb. 1. Stammbaum der *Phytophthora*-Rassen aus Groß-Lüsewitz

Das Auftreten von Formen des *Solanum demissum*, die widerstandsfähig gegen alle uns bekannten Rassen sind und in ihren Nachkommenschaften keine von uns erfaßbaren Resistenztypen abspalten, spricht dafür, daß in unserem Material mindestens noch ein weiteres Resistenzgen R_5 vorhanden ist.

Die von BLACK, MASTENBROEK, MILLS und PETERSON bisher isolierten 4 Resistenztypen R_1 , R_2 , R_3 und R_4 ermöglichen die Identifizierung von 16 *Phytophthora*-Rassen. Durch Hinzunahme des von uns gefundenen Resistenztyps R_0 können auf den 5 Resistenztypen 32 unterschiedliche Rassen der *Phytophthora infestans* identifiziert werden. Die Isolierung des von uns angenommenen Resistenztyps R_5 würde die Möglichkeit schaffen, insgesamt 64 *Phytophthora*-Rassen auf 6 Resistenztypen zu identifizieren. Die von BLACK, MASTENBROEK, MILLS und PETERSON als besonderer Vorteil ihres Systems erwähnte Erweiterungsfähigkeit trifft also zu.

Für die weiteren züchterischen Arbeiten soll nicht unerwähnt bleiben, daß unsere Rasse oo und das Resistenzgen R_0 ohne praktische Bedeutung sind. Unsere Rasse oo hat einen so geringen Wirtskreis, daß eine nennenswerte Ausbreitung in Konkurrenz mit den anderen Rassen nicht zu erwarten ist. Das Gen R_0 erzeugt keine neuen voll widerstandsfähigen Genotypen.

Weitere Untersuchungen über das genetische Verhalten der von uns benutzten Formen des *Solanum*

¹ In Klammern die Bezeichnung nach der internationalen Nomenklatur.

demissum und das Auffinden weiterer Rassen der *Phytophthora infestans* sollen die hier gegebenen Formulierungen bestätigen.

Zusammenfassung.

Die Entstehung und das Verhalten von 10 in den Jahren 1950–1953 in Groß-Lüsewitz aufgefundenen *Phytophthora*-Rassen wird dargestellt. Es wird gezeigt, daß durch die Einführung des neuen Resistenzgens R_0 9 dieser Rassen in das erweiterte Schema der internationalen Nomenklatur eingeordnet werden können. Ob und wie die zehnte Rasse 00 ebenfalls in das internationale Schema eingeordnet werden kann, muß durch weitere Prüfungen festgestellt werden.

Literatur.

1. BLACK, W.: Theoretical basis for the classification of strains of *Phytophthora infestans*. Proc. Roy. Soc. Edinb. B 65, 36–51 (1952). — 2. BLACK, W., C. MASTENBROEK, W. R. MILLS u. L. C. PETERSON: A proposal for an international nomenclature of races of *Phytophthora infestans* and of genes controlling immunity in *Solanum demissum* derivatives, Euphytica 2, 173–179 (1953). — 3. SALAMAN, R. N.: The inheritance of colour and other characters in the Potato. J. Genet. 1: 7–46 (1910). — 4. SCHICK, R., Über das Verhalten von *Solanum demissum*, *Solanum tuberosum* und ihren Bastarden gegenüber verschiedenen Herkünften von *Phytophthora infestans*. Züchter 4: 233–37 (1932). — 5. SWAMINATHAN, M. S. and H. W. HOWARD: The cytology and genetics of the Potato (*Solanum tuberosum*) and related species. Bibliographia Genetica, Bd XVI, 1–192 (1953).

(Aus dem Institut für gärtnerische Pflanzenzüchtung und Samenbau der Staatl. Lehr- und Forschungsanstalt für Gartenbau in Weißenstephan.)

Arbeiten zur Gewinnung frostresistenter Tomatenformen.

Von J. BECKER-DILLINGEN und TRAUTE BARG.

Mit 9 Abbildungen.

Vorliegender Bericht soll eine Übersicht über die mit Mitteln und Unterstützung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten im Rahmen des ERP-Projektes „Zur Förderung des Gartenbaus“ durchgeführten Versuche in Weißenstephan geben, wobei ausdrücklich betont wird, daß Endgültiges über den Erfolg oder Mißerfolg erst in einigen Jahren gesagt werden kann. Denn jede Resistenzzüchtung, sei es nun eine auf Krankheit, Dürre oder Frost abgestellte, benötigt einige Jahre der Arbeit.

Für das Objekt „Tomate“ hat sich Weißenstephan aus mehreren Gründen entschlossen. Im Verlaufe der während der Nachkriegsjahre erfolgten Zuchtarbeiten mit Busch- und Kompaktformen hatten aus rein theoretischem Interesse erfolgte Frühjahrsaussaaten ins Freiland erkennen lassen, daß in dem umfangreichen zur Verfügung stehenden Material sich früh und schnell entwickelnde und gegen Kälteschocks unempfindliche Typen befinden. Zum anderen bewog uns die volkswirtschaftliche Problemstellung, diese Gemüsepflanze zu bearbeiten, nämlich: Schaffung von frostresistenten Sorten in von Frühjahrsfrost gefährdeten Klimaten, um hier einen um etwa 14 Tage früheren als bisher möglichen Freilandanbau zu gewährleisten.

Über die Kälteresistenz sowohl im allgemeinen als auch bei Getreidearten und Obst steht eine umfangreiche Literatur zur Verfügung, im Gegensatz dazu sind die Hinweise über Frostresistenz bei Tomaten sehr gering. HACKBARTH (1) unterscheidet Widerstandsfähigkeit gegen kaltes Wetter (Herbsttemperaturen) und solcher gegen Frostgrade unter -1°C , die von keiner Sorte eines in Müncheberg in langen Reihen am Hang angebauten und dem natürlichen Frost ausgesetzten Sortiments vertragen wurde. Diese Versuche wurden von v. SENGBUSCH (2) durchgeführt und 1940 veröffentlicht. Weiterhin berichtet HACKBARTH, daß russische Forscher aus Kreuzungen von amerikanischen und russischen Sorten Stämme ausgelesen haben wollen, die, bei guter Ertragsleistung, Fröste von -3° bis -5°C aushalten. ANDROSOWA (3) untersuchte die Kältefestigkeit verschiedener Tomatensorten sowohl in Kühlkammern als auch unter Naturbedingungen stehend. Die Resistenz im Freiland

erwies sich bei -3°C dann am höchsten (im Mittel 93,2% gesunde Pflanzen), wenn dem Auspflanzen eine Härtung der Pflanzen durch Behandlung mit gesenkten Temperaturen vorangegangen war. Am widerstandsfähigsten waren Pflanzen aus Bastardierungen. Ferner wurde festgestellt, daß ein gewisser Prozentsatz von Pflanzen der Sorte „Bison“ eine Temperatur von -8°C 24 Stunden aushielt, und daß ein jäher Temperatursturz auf -8°C leichter ertragen wurde, als eine Kälteeinwirkung von -4°C während einer längeren Zeitdauer (6–24 Stunden). Die Erhöhung der Kälteresistenz scheint nicht in Abhängigkeit von Aussaatterminen, vom Alter der Pflanzen und von Düngungsarten zu stehen.

Abgesehen von einer Reihe interessanter Arbeiten der dreißiger und vierziger Jahre, die sich hauptsächlich mit der Frostresistenz bei Getreide beschäftigen, soll hier besonders auf die Arbeiten von (4) SEEMANN (dort weitere Literatur) und (5) KESSLER und RUHLAND (dort weitere Literatur) hingewiesen werden. SEEMANN hat in der hier angegebenen Arbeit besonders auf die Abhängigkeit der Kälteresistenz vom Grad der Unterkühlbarkeit hingewiesen, wobei der Grad der Unterkühlbarkeit durch äußere Faktoren, wie Luftfeuchtigkeit oder Bodentemperatur beeinflusst wird. Unter „Unterkühlung“ versteht er mit PFEFFER, daß Pflanzen, die an sich nicht eisbeständig sind, d. h. die die Bildung von Eiskristallen nicht vertragen, dennoch Temperaturen unter dem Gefrierpunkt aushalten, weil „Eis erst nach einer gewissen Überschreitung des Gefrierpunktes, also nach einer gewissen Unterkühlung (Überkältung) entsteht“. Bei seinen Versuchen mit Bohnen in künstlichem und in natürlichem Klima zeigte es sich, daß diese Pflanzen Temperaturen bis unter -2°C ohne Schädigung ertragen können. Es trat keine Eisbildung in den Geweben ein, die Pflanzen waren unterkühlt. Wurde die Unterkühlung jedoch durch vorheriges Impfen der Pflanzen verhindert, so bildete sich in den Geweben Eis, und die Pflanzen wurden getötet. Diese Versuche bestätigen die Annahme von RUDORF, daß *Phaseolus* nicht eisbeständig ist. Ähnliche Verhältnisse dürften auch für die Tomate als Pflanze des tropischen Klimas vorliegen.