

2012, 3
ISSN 2192-6948
DOI 10.5073/jkidos.2012.003

JKI Datenblätter

Obstsorten

Thomas Wöhner, Mohammed Eldin Ali, Andreas Peil

Wildarten

Apfel: *Malus ×robusta*



Impressum

Die Open-Access-Publikationsreihe „JKI Datenblätter – Obstsorten“ beinhaltet deutschsprachige Originalbeiträge, Beschreibungen, Erkenntnisse und Berichte zu Obstsorten aus der Züchtung des Julius Kühn-Instituts. Die Publikationsreihe erscheint seit 2011.

Alle Beiträge, die in den JKI Datenblättern zur Veröffentlichung eingereicht werden, werden von mindestens zwei unabhängigen Gutachtern blind begutachtet.

Die Beiträge werden unter einer Creative-Commons-Lizenz bereitgestellt. Sie können unter Nennung von Autor und Quelle die Dokumente ohne Gebühr nutzen, teilen und weiterverbreiten, solange Sie keine kommerziellen Ziele damit verfolgen und die Werke nicht verändern.

Herausgeber/Editor-in-Chief: Dr. Georg F. Backhaus, Präsident und Professor
Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen
Erwin-Baur-Str. 27
06484 Quedlinburg

Redaktion/Schriftleitung: Prof. Dr. Magda-Viola Hanke, Direktorin und Professorin
Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen
Institut für Züchtungsforschung
an gartenbaulichen Kulturen und Obst
Pillnitzer Platz 3a
01326 Dresden
zgod@jki.bund.de

Einreichung von Beiträgen: Über die Internetseite <http://pub.jki.bund.de/>

ISSN: 2192-6948

DOI DOI 10.5073/jkidos.2012.003

Thomas Wöhner, Mohamed Eldin Ali, Andreas Peil

Apfel: *Malus ×robusta*

Institut

Institut für Züchtungsforschung an gartenbaulichen Kulturen und Obst

eingereicht

November 2012

Zusammenfassung

Im folgenden Datenblatt wird *Malus ×robusta* (Carrière) Rehder, eine für die Resistenzzüchtung bedeutende Wildapfelhybridart, beschrieben und charakterisiert. Im Züchtungsprogramm des Instituts für Züchtungsforschung an gartenbaulichen Kulturen und Obst Dresden-Pillnitz (ZGO) des Julius Kühn-Instituts (JKI) sowie in verschiedenen internationalen Züchtungsprogrammen steht vor allem die Wildapfelakzession *Malus ×robusta* No. 5 im Fokus.

Aufgrund ihrer guten Resistenz gegenüber verschiedenen bedeutenden Apfelkrankheiten stellt *Malus ×robusta* 5 eine wichtige genetische Ressource für die Züchtung neuer Apfelsorten dar. Als Quelle für Feuerbrandresistenz erlangte sie vor allem im Unterlagenzuchtprogramm der Cornell University in Geneva, New York, maßgebliche Bedeutung. Die Aufklärung des Resistenzmechanismus wird zurzeit am ZGO untersucht.

Neben der taxonomischen Einordnung und der Beschreibung des Ursprungs einzelner Herkünfte erfolgt eine phänotypische Charakterisierung der *Malus ×robusta*-Akzessionen der Genbank des JKIs, die in diesem Datenblatt zusammengefasst sind. Des Weiteren folgen die Ergebnisse einer Evaluierung auf Resistenzen gegenüber bedeutenden Apfelschaderregern sowie ein genetischer Fingerprint.

***Malus* × *robusta* (Carrière) Rehder-Synonyme**

Die Synonyme wurden von Potter et al. (2007) und der Internetseite des United States Department of Agriculture (USDA) übernommen.

Malus microcarpa var. *robusta* Carrière

Pyrus baccata var. *cerasifera* Regel

Malus cerasifera Schneider

Sibirischer Holzapfel, Kirsch-Holzapfel (deutsch)

Siberian crap apple (englisch)

Robusta apfel (schwedisch)

Taxonomie

Malus × *robusta* (Carrière) Rehder gehört innerhalb der Ordnung der Rosales, zur Familie der Rosaceae, zur Unterfamilie der Amygdaloideae (früher Spiraeoideae, davor Maloideae), zum Tribus Maleae, zum Subtribus Malinae und dort zur Gattung *Malus*. Die Pflanze ist eine natürliche *Malus*-Arthybride (Sekundärart) zwischen den primären Apfelwildarten *Malus baccata* (L.) Borkh. und *Malus prunifolia* (Willd.) Borkh., deren Ursprung in Sibirien und Zentralasien zu finden ist (Forsline et al. 2003).

Ordnung: Rosales

→ Familie: Rosaceae

→ Unterfamilie: Amygdaloideae

→ Tribus: Maleae

→ Subtribus: Malinae

→ Gattung: *Malus*

→ Art: *Malus* × *robusta*

Allgemeine Morphologie

Die Beschreibung der allgemeinen Morphologie ist angelehnt an Fitschen (1990), Krüssmann (1977) und Roloff (1996).

Habitus

Malus xrobusta ist ein kleiner bis mittelgroßer, sommergrüner, verzweigter Laubbaum mit geringem bis kräftigem Wuchs. Seine aufrechte bis breitwüchsige Krone wird durch die für die Gattung charakteristischen Lang- und Kurztriebe gebildet, an denen sich der Fruchtsatz entwickelt.

Triebe

Die Zweige können an den Enden leicht überhängen. Sie sind oberseits moderat bis nicht behaart. Die Rinde kann moderat bis stark glänzen. Die Größe der elliptischen Lentizellen kann wie die Form der Knospen (spitz und abgerundet) variieren.

Blätter

Die grünen elliptischen Blätter können eine Länge von 8 bis 11 cm erreichen. Sie sind spitz und am Rand gesägt, schmaler als bei *M. baccata*, und an der Unterseite oft leicht bis gar nicht behaart.

Blüte

Die Breite der weiß- bis rosafarbenen Blüten kann zwischen 3 bis 5 cm Durchmesser variieren. Die Blütezeit ist von Mitte April bis Anfang Mai. Die Blütenblätter können freistehend sein oder sich berühren und sind gekerbt. Die Anzahl der Griffel beträgt vier bis fünf. Die Blüten kommen in Dol-dentrauben zu je drei bis acht Stück an Kurz- und Langtrieben vor. Der Blütenstiel ist behaart. Die Blütenblattnarben können im Vergleich zu den Antheren auf gleicher Höhe oder höher liegen.

Frucht

Die Früchte sind lang gestielt mit einer Länge von 2 bis 3,5 cm. Sie können eine kugelige oder ellipsoide Form mit einem Durchmesser von 1 bis 3 cm ausbilden. Ihre Farbe kann zwischen rot und gelb, teilweise auch bläulich variieren. Das Fruchtfleisch färbt sich von grünlich, gelblich bis cremefarben. Der Kelch wird z. T. abgeworfen und kann geschlossen bis vollständig geöffnet ausgebildet sein.

Die Variation dieser Merkmale wird aus den **Abbildungen 1 bis 4** ersichtlich, in denen Bäume, Triebe, Blätter, Blüten und Früchte verschiedener Abstammungen von *Malus xrobusta* vorgestellt werden.

Malus ×robusta–Abstammungen

Über die allgemeine Herkunft und Entstehung der einzelnen Akzessionen ist in der Literatur wenig beschrieben. Die aktuellste und ausführlichste Übersicht verschiedener Abstammungen von *Malus* ×*robusta* wurde von Fiala (1994) dokumentiert.

Für die Typen *M. ×robusta* No. 5, *M. ×robusta* 'Persicifolia' und *M. ×robusta* 'Erecta' ist die allgemeine Herkunft beschrieben und wird im Folgenden leicht verändert wiedergegeben.

Malus ×robusta No. 5

Die Abstammung *M. ×robusta* No. 5, auch 'Arnold-Canada', Ottawa No. 524 oder *M. ×robusta* 5, ist ursprünglich in der Umgebung um Peking, auf der Strecke nach Wutai Shan, als Samen gesammelt worden. 1927 wurde der Genotyp in die USA eingeführt. Dabei bezog das Arnold Arboretum (Boston, Massachusetts, USA) diesen Sämling aus Russland. Nach Kanada wurde die Akzession erst 1947 über das Department of Agriculture (Ottawa, Ontario) eingeführt.

Im Unterschied zum allgemeinen Habitus *M. ×robusta* wächst die Akzession *M. ×robusta* No. 5 ausladender und breitwüchsiger (**Abb. 1e**). Sie hat geringfügig größere gelbe Früchte mit einer helleren roten Deckfarbe (**Abb. 4e**). Die Blätter sind nach Fiala (1994) größer, breiter und ovaler. Die Herbstfärbung ist ein helles *M. ×robusta*-Gelb.

In der Apfelwildartensammlung des ZGO hat die Abstammung *M. ×robusta* 5 die Akzessionsnummer MAL0991.

Malus ×robusta 'Persicifolia'

Der Ursprung von *M. ×robusta* 'Persicifolia' liegt auch in China. Diese Akzession entstammt einem Samen, der von William Purdom ebenfalls auf der Strecke nach Wutai Shan gesammelt wurde. In die USA eingeführt wurde die Akzession im Jahr 1910. Das Arnold Arboretum erhielt den Genotyp erst 1913 von J. Veitch & Sons (Veitch Nurseries, UK).

M. ×robusta 'Persicifolia' besitzt einen strauchartigen Habitus mit aufwärts stehenden schmalen Ästen (**Abb. 1a**). Die Blätter sind schmal, dunkelgrün und leicht glänzend. Sie sind etwa 7 cm lang, fein gezahnt und gleichen Pfirsichblättern (**Abb. 3a**). Die Blütenknospen sind pink gefärbt. Die Einzelblüten haben einen Durchmesser von 4 cm und besitzen eine weiße Färbung. Die elliptischen Früchte sind hellrot. Das Fruchtfleisch hat eine Farbabstufung von gelb bis grün oder braun bis grün. Der Durchmesser der Früchte beträgt 2 cm (**Abb. 4a**). Sie können bis Februar, z. T. auch bis März, am Baum verweilen und treten jährlich in großer Anzahl auf. MAL0205 ist die Akzessionsnummer von *M. ×robusta* 'Persicifolia' in der Sammlung des ZGO.

Malus ×robusta 'Erecta'

Dieser Typ gelangte 1904 aus China (Peking) als Samen an das Arnold Arboretum durch C. S. Sargent. *M. ×robusta* 'Erecta' besitzt einen aufrechten und ausladenden Habitus. Die Knospen sind weiß mit kleinen pinkfarbenen Spuren. Die Blüten sind weiß gefärbt. Der Durchmesser misst 4 cm. Die Blüten können einzeln oder doppelt erscheinen. Ihre Färbung kann von gelb über rot bis purpurrot variieren. Der Durchmesser der Früchte beträgt ca. 2,3 cm. *M. ×robusta* 'Erecta' alterniert stark in der Blüte.

Morphologische Charakterisierung der *Malus ×robusta*-Akzessionen des Julius Kühn-Instituts

Die in der Genbank des Julius Kühn-Instituts vorhandenen *M. ×robusta*-Akzessionen (MAL0207, MAL0595, MAL0711, MAL0205, MAL0991) und deren morphologische Eigenschaften werden unter den Standort- und Wuchsbedingungen in Dresden-Pillnitz beschrieben (**Tab. 1, 2**). Der Bodentyp ist Braunerde, welche sich aus sandigen Lehmen bis lehmigen Sanden zusammensetzt. Der mittlere Jahresniederschlag beträgt 680 mm bei einem langjährigen Temperaturmittel von 9 °C. Die Akzessionen wachsen alle auf der Unterlagensorte 'Bittenfelder Sämling' mit einem Abstand von 3,50 m zwischen den Bäumen und 5 m zwischen den Reihen.

Die beschriebenen Merkmale wurden nach den Richtlinien des Internationalen Verbands zum Schutz von Zierpflanzen (UPOV) für Zieräpfel erhoben und sind auch in der Dissertation von Mohamed Eldin Ali aufgeführt.

In **Abbildung 1** ist der Habitus der Abstammungen, in **Abbildung 2** die Triebspitzen und Triebe, in **Abbildung 3** die Blätter und in **Abbildung 4** die Blüten und Früchte der *M. ×robusta*-Akzessionen der Sammlung des ZGO dargestellt.



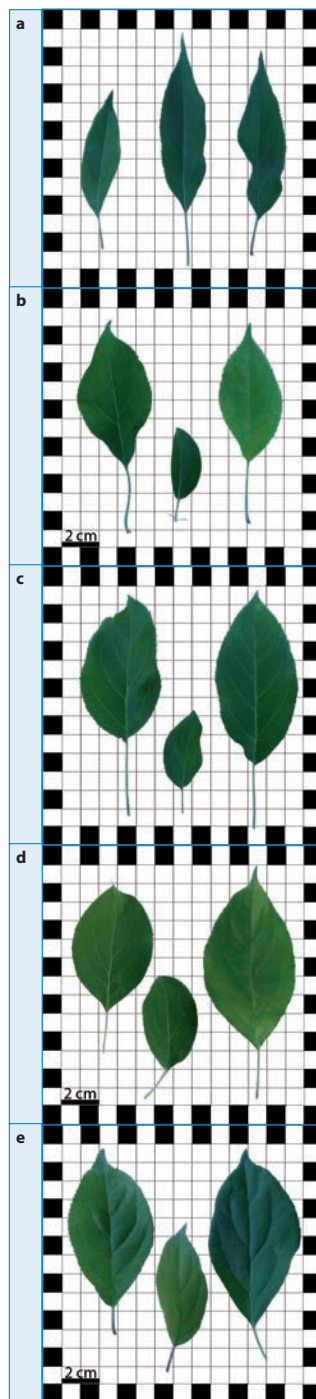


Abb.2: Blätter
 a) MAL0205 ('Pescifolia')
 b) MAL0207
 c) MAL0595
 d) MAL0711
 e) MAL0991 (No. 5)

Tabelle 1: Morphologische Evaluierung der Baum-, Trieb- und Blütenmerkmale der <i>Malus xrobusta</i>-Akzessionen					
Morphologische Eigenschaft	Akzession				
	MAL0205 'Pescifolia'	MAL0207	MAL0595	MAL0711	MAL0991 No. 5
Länge (cm)	7,2	8,6	8,5	9,9	5,7
Breite (cm)	3,2	4,9	5,0	5,3	2,6
Randenschnitte	gesägt	gesägt	gesägt	gesägt	gesägt
Grünfärbung der Oberseite	mittel	hell	mittel	hell	dunkel
Glanz der Oberseite	stark	stark	stark	stark	stark
Behaarung der Unterseite	gering	mittel	mittel	mittel	gering
Wuchsform	aufrecht	breitwüchsig	breitwüchsig	breitwüchsig	aufrecht
Wuchsstärke	schwach	schwach	stark	stark	schwach
Dicke (mm)	3,4	3,2	2,9	3,8	3,5
Farbe auf der Sonnenseite	graugrün	graugrün	braugrün	graugrün	graugrün
Behaarung	fehlend	gering	fehlend	gering	mittel
Form der Lentizellen	breit elliptisch	breit elliptisch	elliptisch	breit elliptisch	breit elliptisch

Abb.3: : Blüten (links); Früchte (rechts)

a) MAL0205 ('Pescifolia')

b) MAL0207

c) MAL0595

d) MAL0711

e) MAL0991 (No. 5)

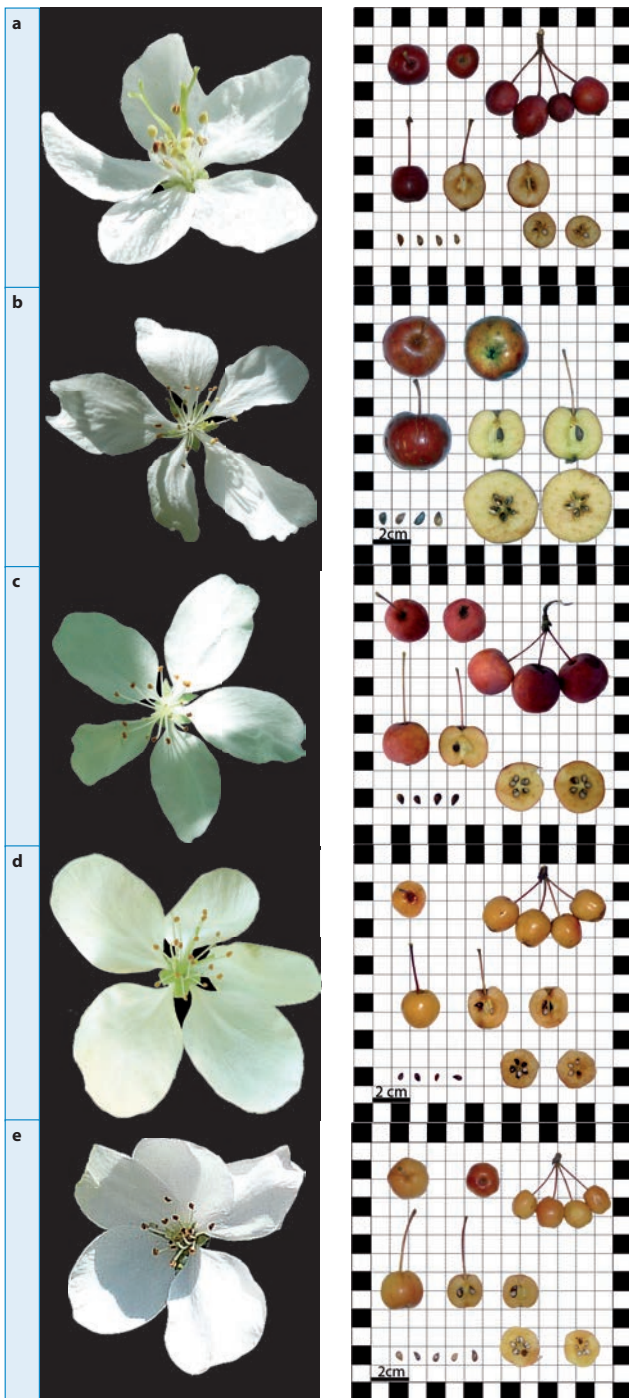


Tabelle 2: Morphologische Evaluierung der Baum-, Trieb- und Blütenmerkmale der <i>Malus xrobusta</i> -Akzessionen					
Morphologische Eigenschaft	Akzession				
	MAL0205 'Percifolia'	MAL0207	MAL0595	MAL0711	MAL0991 No. 5
ungeöffnete Blüte: Farbe	weiß	hellrosa	weiß	dunkelrosa	dunkelrosa
Anzahl Blüten je Büschel	7	7	7	7	6
Blütenblätter: Relative Stellung der Ränder	berührend	freistehend	freistehend	freistehend	freistehend
Anzahl Kronblätter	normale Blüte	normale Blüte	normale Blüte	normale Blüte	normale Blüte
Durchmesser (cm) (waagerechte Blütenblätter)	3,3	5,4	4,0	3,8	4,6
Blütenblatt: Form	breit elliptisch	breit elliptisch	elliptisch	breit elliptisch	breit elliptisch
Blütenblatt: Farbe	weiß	weiß	weiß	weiß	weiß
Position der Narben im Vergleich zu den Antheren	oberhalb	gleiche Höhe	gleiche Höhe	gleiche Höhe	gleiche Höhe
allgemeine Form	ellipsoid kegelförmig	kugelförmig	kugelförmig	rechteckig kegelförmig	kugel kegelförmig
Höhe (cm)	1,7	3,1	2,0	2,2	1,7
Durchmesser (cm)	1,6	3,7	2,2	2,0	1,8
vorherrschende Farbe	dunkel rot	mittelrot	purpur	orange	gelb
Farbe des Fleisches	gelblich	gelblich weiß	gelblich	gelblich	gelblich
Bereifung der Schale	stark	schwach	stark	schwach	schwach
Länge des Stiels (cm)	2,7	1,9	1,9	2,3	1,8

Frucht (Abb. 4)

Molekulargenetische Charakterisierung der *Malus ×robusta*-Akzessionen

Von den *Malus ×robusta* (Carrière) Rehder-Abstammungen der Genbank des Julius Kühn-Instituts in Dresden-Pillnitz und weiteren Abstammungen bzw. verschiedenen *Malus ×robusta*-Typen aus Sammlungen in den USA (National Germplasm Repository, Geneva, New York) und Polen (Institute of Pomology and Floriculture, Skierniewice) wurden genetische Fingerprints erstellt. Dazu wurden Mikrosatelliten aus einem der European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources (ECPGR) empfohlenen Set von Referenzmarkern (van Teuren et al. 2011) genutzt. Die Methoden zur Amplifikation der Fragmente mittels Multiplex-PCR, zur Auftrennung der Fragmente mittels Kapillarsequenzierung sowie zur Auswertung der Allele durch die Software Fragment Analyser können aus (Peil 2012) entnommen werden. Durch den Vergleich der genetischen Fingerprints kann überprüft werden, ob definierte Typen aus unterschiedlichen Sammlungen identisch sind (True-to-Type). Die untersuchten Genotypen und deren Herkunft sind aus **Tabelle 3** und die Ergebnisse der molekularen Untersuchung aus **Tabelle 4** ersichtlich. Die Ergebnisse der Markertests ergaben, dass einige *Malus ×robusta*-Akzessionen identische Fingerprints aufweisen. In **Tabelle 4** sind die einzelnen Fragmentgrößen der unterschiedlichen Fingerprints unter Angabe der jeweiligen Akzessionen aufgelistet.

Die Akzessionen des Julius Kühn-Instituts
Sowohl der Fingerprint der *Malus ×robusta*-Abstammung MAL0991 (No. 5) als auch der von MAL0205 ('Percifolia') zeigten vollkommene Übereinstimmung mit Ihren Pendants aus der Amerikanischen Sammlung. Die Abstammung MAL0711 zeigt eine hohe Übereinstimmung zu *Malus ×robusta* No. 5. Lediglich ein Allel des Markers GD12 wird in MAL0711 nicht amplifiziert und das Fragment von Ch04e05 ist eine Base länger als das von *Malus ×robusta* No. 5. Akzession MAL0207 zeigte bei drei Markern, Akzession MAL0595 bei vier Markern Übereinstimmungen zu anderen *Malus ×robusta*-Akzessionen. Eine komplette Übereinstimmung zu anderen Abstammungen konnte nicht detektiert werden. Die Abstammungen MAL0207, MAL0595 und MAL0711 scheinen somit einzigartig in der Sammlung am JKI vorhanden zu sein.

Tabelle 3: *Malus ×robusta*- Akzessionen

Akzessionsnummer	Typ/Sortenname
MAL0205 ¹	'Percifolia'
MAL207 ¹	
MAL0595 ¹	
MAL0711 ¹	
MAL0991 ¹	No. 5
PI 588825 ²	No. 5
PI 215542 ²	'Yellow Siberian'
PI 589278 ²	'Leucocarpa'
PI 588904 ²	'Cherry Crab'
PI 588936 ²	'Erecta'
PI 589286 ²	'Fastigiata'
PI 589003 ²	'Korea'
PI 588993 ²	
PI 589383 ²	'Percifolia'
PI 589424 ²	'Percifolia'
PI 590068 ²	'Percifolia'
<i>M. ×robusta</i> US ³	
<i>M. ×robusta</i> SZW ³	

¹ Akzessionen der Genbank des Julius Kühn-Instituts, Pillnitz, Dresden

² erhalten vom National Germplasm Repository, Geneva, New York

³ erhalten vom Institute of Pomology and Floriculture, Skierniewice, Polen
Genotypen mit identischem Fingerprint sind farblich (ohne Weiß) gleich markiert

Tabelle 4: Genetische Fingerprints der unterschiedlichen <i>Malus ×robusta</i> -Akzessionen, erstellt mit 12 Mikrosatellitenmarkern in vier Multiplex-PCRs													
Multiplex		1			2			3			4		
Kopplungsgruppe		17	8	4	9	13	1	7	11	10	3	1	12
SSR-Marker		CH01h01 ¹	CH01h10 ¹	CH04c07 ¹	CH01f03b ¹	GD147 ³	Hi02c07 ²	CH04e05 ¹	CH02a08 ¹	CH02c11 ¹	GD12 ³	CH02c09 ¹	CH01f02 ¹
Akzession	Typ												
MAL0207		111 134	91 118	108 110	160 184	143 152	104 112	185 203	225 254	197 208 230	150 168	234	170 180
MAL0711		91 101	89 112	108 110	172	153	114 116	183	213 215	197 208 222	152 154	249	176 180
MAL0595		91 120	98 112	110 112	151 160	141	112	191 211	213 219	197 208 218	150 154	256	188 220
MAL0205	'Pescifolia'									197			
PI 589383	'Pescifolia'	120	110	98	151	141	114	183	215	208	160	252	176
PI 589424	'Pescifolia'		112	110	172		116	205		234			
PI 590068	'Pescifolia'												
MAL0991	No. 5	91	89	108	172	153	114	184	213	197 208	152	249	176
PI 588825	No. 5	101	112	110			116		215	222			180
<i>M. ×robusta</i> US													
PI 215542	'Yellow Siberian'	118 120	98 112	108 110	172 180	135 141	114	199 224	213 215	197 218 220	150	234	188 205
PI 588904	'Cherry Crab'	117 120	90 98	108 110	151 160	135 143	104	183 191	213 215	197 207 236	141 150	246 256	170 220
PI 589278	'Leucocarpa'	124 134	98 103	102 108	151 172	139	128 140	197 213	217 256	197 209 234	150	228 246	186 207
PI 589286	'Fastigiata'		110	98	151	141	116	183	213	197			
PI 588936	'Erecta'	90	112	110	172		120	199	215	234	160	252	170
PI 589003	'Korea'	117	91	108	151	141	132	183	221	197 220	150	256	180
PI 588993		134	97	120	180		148	203	256	244			237
<i>M. ×robusta</i> SZW		91 120	88 90	106 110	172	135	114 118	183 211	213	197 207 237	184	258	180 205
Farblich (ohne Weiß) gleich markierte Abstammungen zeigen identische Fingerprints													
1 Liebhard et al. (2003)													
2 Silverberg-Dilworth et al. (2006)													
3 Hokanson et al. (1998)													

Phänotypische und genotypische Resistenzevaluierung der *Malus xrobusta*-Akzessionen des JKI

Die *M. xrobusta*-Abstammungen der Genbank des Julius Kühn-Instituts in Dresden-Pillnitz wurden in den Jahren 2009 und 2010 phänotypisch auf den natürlichen Befall mit Apfelschorf, Apfelmehltau, Regenfleckenkrankheit, Braunfäule und Fliegenflecken in einem Quartier ohne Fungizidbehandlung evaluiert. Die Bonitur erfolgte nach den in **Tabelle 5** angegebenen Boniturskalen. Die Testung auf Feuerbrandresistenz erfolgte mittels künstlicher Infektion an Handveredelungen im Gewächshaus (Peil et al. 2007).

Zusätzlich wurden die *M. xrobusta*-Abstammungen der Genbank des Julius Kühn-Instituts in Dresden-Pillnitz mit molekularen Markern für Apfelfaltenlaus-, Feuerbrand-, Mehltau- und Schorfresistenzgene untersucht (**Tab. 6**).

Die Ergebnisse der Bonitur auf Apfelpathogene im Versuchsfeld des Julius-Kühn Instituts sind in **Tabelle 5** dargestellt. Die genotypische Evaluierung ist in **Tabelle 6** zusammengefasst. Auffällig ist, dass keine der *M. xrobusta*-Akzessionen im Versuchsfeld des JKI in den Jahren 2009 und 2010 mit Mehltau befallen war. Die molekulare Analyse mittels PCR ergab, dass alle Akzessionen positiv auf den Marker für das Mehлтаuresistenzgen PI1 getestet wurden.

Gegenüber Schorf zeigten die Akzessionen MAL0207 und MAL0595 eine mittlere bis starke Anfälligkeit, während MAL0711, MAL0205 ('*Persicifolia*') und MAL0991 (No. 5) keinen Befall mit Schorf in beiden Jahren aufwiesen. Die Abstammung MAL 0205 wurde positiv auf den genspezifischen Mikrosatelliten Ch-Vf1 mit dem für Rvi6 typischen Fragment von 159 bp getestet.

Die Akzession MAL0207 ist mit 58 % Triebnekrose am anfälligsten gegenüber Feuerbrand. MAL0991 (No. 5) zeigte keine Anfälligkeit gegenüber Feuerbrand. Für Feuerbrandresistenz konnte der molekulare Marker AE10-375 unterhalb der QTL-Region auf Kopplungsgruppe 7 aus der Sorte 'Fiesta' für die Akzessionen MAL0711 und MAL0595 nachgewiesen werden. Der Marker GE80-19, der oberhalb der QTL-Region auf Chromosom 7 der Sorte 'Fiesta' liegt, konnte in der Abstammung MAL0207 bestätigt werden. Das Vorhandensein des QTL FbF7 aus 'Fiesta' ist aber nur wahrscheinlich, wenn beide Allele in einer Akzession nachgewiesen werden. Die Akzessionen MAL0595 und 0711 wurden positiv auf den Feuerbrandresistenz QTL aus *Malus xrobusta* No. 5 (FbR5) geprüft, der von den Markern Ch03e03 und FEM 18 umschlossen wird.

Die *Malus xrobusta*-Abstammung MAL0207 wies das an die Resistenz gegenüber Apfelfaltenlaus gekoppelte Fragment von 181 bp für Sd-1 auf.

Danksagung

Auszüge dieser Arbeit wurden finanziell unterstützt durch die Ägyptische Regierung und die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), Projektnummer AOBJ574457. Unser besonderer Dank gilt der Bereitstellung der *Malus xrobusta*-Akzessionen durch das National Germplasm Repository Geneva, New York (USA) und das Institute of Pomology and Floriculture, Skierniewice (Polen).

Tabelle 5: Phänotypische Evaluierung der unterschiedlichen *Malus xrobusta*-Akzessionen auf verschiedene Apfelpathogene

Krankheit	Boniturnote	Referenz	Akzession Bezeichnung					MAL0991 No. 5
			MAL0205 'Percifolia'	MAL0207	MAL0595	MAL 0711	MAL0991	
Mehltau	0 - 5 ¹	Dunemann et al. (2007)	0	0	0	0	0	0
Schorf	1 - 7 ²	Eldin Ali (2011)	1	7	6	1	1	1
Braunfäule	1 - 9 ³	Eldin Ali (2011)	1	1	7	3	1	1
Fliegenflecke	0 - 1 ⁴	Andrews et al. (2001)	0	0	0	0	0	0
Regenflecke	0 - 3 ⁵	Andrews et al. (2001)	1	1	1	3	1	1
Feuerbrand	0 - 100 % ⁶	Peil et al. (2007)	14	58	10	19	0	0

1 Befall der Blätter (0: ohne, 1: sehr schwach, 2: schwach, 3: mittel, 4: stark, 5: sehr stark)
2 Befall der Blätter (1: ohne, 2: sehr schwach, 3: schwach, 4: schwach bis mittel, 5: mittel, 6: mittel bis stark, 7: stark)
3 Befall der Fruchtoberfläche (1: 0 %, 3: 1 - 25 %, 5: 26 - 50 %, 7: 51 - 75 %, 9: 76 - 100 %)
4 Befall der Fruchtoberfläche (0: ohne Befall, 1: anfällig)
5 Befall der Fruchtoberfläche (0: ohne Befall, 1: < 1 % der Fruchtoberfläche betroffen, 2: 1 - 5 % der Fruchtoberfläche betroffen, 3: > 5 % der Fruchtoberfläche
6 Gesamtriebnekrose (0 - 100 %, Prozentuale Triebnekrose im Verhältnis zur Gesamtrieblänge)

Tabelle 6: Genotypische Evaluierung der unterschiedlichen *Malus xrobusta*-Akzessionen auf verschiedene Resistenzloci mittels molekularer Marker

Krankheit	Resistenzlocus	Marker	Referenz	Akzession Bezeichnung				
				MAL0205 'Percifolia'	MAL0207	MAL0595	MAL0711	MAL0991 No. 5
Mehltau	PL1	AT20 Scar	Markussen et al. (1995)	+	+	+	+	+
	PL2	N18 Scar	Seglias et al. (1997)	-	-	-	-	-
Feuerbrand	FbF7	Ae10-375	Kahn et al. (2006)	-	-	+	+	-
	FbR5	GE 80-19	Chalange et al. (2005)	-	+	-	-	-
		Ch03e03	Peil et al. (2007)	-	-	+	+	+
	Rvi2	Fem 18	Fahrentrapp et al. (2012)	-	-	+	+	+
		Ch02b10	Hemmat et al. (2002)	-	-	-	-	-
Schorf	Rvi4	Ch02c02	Bus et al. (2005)	-	-	-	-	-
	Rvi6	Ch-Vf1	Vinatzer et al. (2004)	+	-	-	-	-
	Rvi17, Rvi10	Ch-Vf1	Bus et al. (2012)	+	-	-	-	-
		Sd-1	Bus et al. (2008)	-	+	-	-	-

(+: vorhanden, -: nicht vorhanden)

Literatur

1. **Andrews JH, O'Mara JK, McManus RS** (2001): Methionine-riboflavin and potassium bicarbonate-polymer sprays control apple flyspeck and sooty blotch. *Plant Health Progress Online* Doi:10.1094/PHP-2001-0706-01-RS.
2. **Bus V, Chagné D, Bassett H, Bowatte D, Calenge F, Celton JM, Durel CE, Malone M, Patocchi A, Ranatunga A, Rikkerink E, Tustin D, Zhou J, Gardiner S** (2008): Genome mapping of three major resistance genes to woolly apple aphid (*Eriosoma lanigerum* Hausm.). *Tree Genetics & Genomes* 4, 223-236.
3. **Bus VGM, Rikkerink EHA, van de Weg WE, Rusholme RL, Gardiner SE, Bassett HCM, Kodde LP, Parisi L, Laurens FND, Meulenbroek EJ, Plummer KM** (2005): The Vh2 and Vh4 scab resistance genes in two differential hosts derived from Russian apple R12740-7A map to the same linkage group of apple. *Molecular Breeding* 15, 103-116.
4. **Bus VM, Weg WE, Peil A, Dunemann F, Zini E, Laurens FD, Blažek J, Hanke V, Forsline P** (2012): The role of Schmidt 'Antonovka' in apple scab resistance breeding. *Tree Genetics & Genomes* 8, 627-642.
5. **Calenge F, Drouet D, Denance C, van de Weg W, Brisset M, Paulin J-P, Durel C-E** (2005): Identification of a major QTL together with several minor additive or epistatic QTLs for resistance to fire blight in apple in two related progenies. *Theoretical and Applied Genetics* 111, 128-135.
6. **Dunemann F, Peil A, Urbanietz A, Garcia-Liberos T** (2007): Mapping of the apple powdery mildew resistance gene Pl1 and its genetic association with a NBS-LRR candidate resistance gene. *Plant Breeding* 126, 476-481.
7. **Eldin Ali MS** (2011): Genotypic and phenotypic evaluation of the wild apple collection of the JKI. Halle-Wittenberg: Martin-Luther-Universität.
8. **Fahrentrapp J, Broggin G, Kellerhals M, Peil A, Richter K, Zini E, Gessler C** (2012): A candidate gene for fire blight resistance in *Malus ×robusta* 5 is coding for a CC-NBS-LRR. *Tree Genetics & Genomes* DOI 10.1007/s11295-012-0550-3.
9. **Fiala JL** (1994): Flowering crabapples: The genus *Malus*. Timber Press, Portland, OR.
10. **Fitschen J** (1990): Gehölzflora. Ein Buch zum Bestimmen der in Mitteleuropa wildwachsenden und angepflanzten Bäume und Sträucher. Quelle und Meyer, Heidelberg.
11. **Forsline PL, Aldwinckle HS, Dickson EE, Luby JJ, Hokanson SC** (2003): Collection, maintenance, characterization, and utilization of wild apples of Central Asia. *Horticultural Reviews* 29, 1-61.
12. **Hemmat M, Brown SK, Weeden NF** (2002): Tagging and mapping scab resistance genes from R12740-7A apple. *Journal of the American Society of Horticultural Sciences* 127, 365-370.
13. **Hokanson SC, Szewc-McFadden AK, Lamboy WF, McFerson JR** (1998): Microsatellite (SSR) markers reveal genetic identities, genetic diversity and relationships in a *Malus × domestica* BORKH. core subset collection. *Theoretical and Applied Genetics*, 97, 671-683.
14. **Khan MA, Duffy B, Gessler C, Patocchi A** (2006): QTL mapping of fire blight resistance in apple. *Molecular Breeding* 17, 299-306.
15. **Krüssmann G** (1977): Handbuch der Laubgehölze. 2 Ed. Parey Verlag, Berlin/Hamburg.
16. **Liebhart R, Koller B, Gianfranceschi L, Gessler C** (2003): Creating a saturated reference map for the apple (*Malus × domestica* BORKH.) genome. *Theoretical and Applied Genetics* 106, 1497-1508.

17. **Markussen T, Krüger J, Schmidt H, Dunemann F** (1995): Identification of PCR-based markers linked to the powdery-mildew-resistance gene PI1 from *Malus xrobusta* in cultivated apple. *Plant Breeding* 114, 530-534.
18. **Peil A** (2011) Apfel: 'Pivita' - Der Rote von Pinova. *JKI Datenblätter Obstsorten*.
19. **Peil A, Garcia-Libreros T, Richter K, Trognitz FC, Trognitz B, Hanke MV, Flachowsky H** (2007): Strong evidence for a fire blight resistance gene of *Malus robusta* located on linkage group 3. *Plant Breeding* 126, 470-475.
20. **Potter D, Eriksson T, Evans RC, Oh S, Smedmark JEE, Morgan DR, Kerr M, Robertson KR, Arsenault M, Dickinson TA, Campbell CS** (2007): Phylogeny and classification of Rosaceae. *Plant Systematics and Evolution* 266, 5-43.
21. **Roloff A, Bärtels A** (1996): *Gartenflora Band 1 Gehölze*. Eugen Ulmer, Stuttgart.
22. **Seglias N, Gessler C** (1997): Genetics of apple powdery mildew resistance from *Malus zumi*. *IOBC (WPRS) Bulletin: Integrated Control of Pome Fruit Diseases* 20, 195-208.
23. **Silfverberg-Dilworth E, Matasci C, Van de Weg W, Van Kaauwen M, Walsler M, Kodde L, Soglio V, Gianfranceschi L, Durel C, Costa F, Yamamoto T, Koller B, Gessler C, Patocchi A** (2006): Microsatellite markers spanning the apple (*Malus xdomestica* BORKH.) genome. *Tree Genetics & Genomes* 2, 202-224.
24. **UPOV** (2003): Zierapfel (*Malus* Mill.) Richtlinien für die Durchführung der Prüfung auf Unterscheidbarkeit, Homogenität und Beständigkeit, TG/192/1. http://www.upov.int/de/publications/tg-rom/tg192/tg_192_1.pdf
25. **USDA, ARS, National Genetic Resources Program. Germplasm Resources Information Network - (GRIN)**. National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, Maryland. URL: <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxon.pl?23268>
26. **van Treuren R, Kemp H, Ernsting G, Jongejans B, Houtman H, Visser L** (2010): Microsatellite genotyping of apple (*Malus xdomestica* BORKH.) genetic resources in the Netherlands: application in collection management and variety identification. *Genetic Resources and Crop Evolution* 57, 853-865.
27. **Vinatzter BA, Patocchi A, Tartarini S, Gianfranceschi L, Sansavini S, Gessler C** (2004): Isolation of two microsatellite markers from BAC clones of the Vf scab resistance region and molecular characterization of scab-resistant accessions in *Malus* germplasm. *Plant Breeding* 123, 321-326.

