

**Erfolgreiche Kreuzung zwischen
Papilio machaon rütimanni SEYER, 1977 und
Papilio xuthus xuthus LINNAEUS, 1767
(Lepidoptera, Papilionidae)**

RALPH STURM

Abstract

Zusammenfassung

1. Einleitung
2. Zuchtmaterial
- 2.1 *Papilio machaon rütimanni* SEYER, 1977
- 2.2 *Papilio xuthus xuthus* LINNAEUS, 1767
3. Hybrid-Zucht
- 3.1 Kopula
- 3.2 Eiablage und Eier
- 3.3 Hybrid-Raupen
- 3.4 Verpuppung und Hybrid-Puppen
- 3.5 Hybrid-Falter
4. Ausprägung der Merkmale beider Parentaltiere bei den Hybriden
5. Abschließende Diskussion
6. Danksagung
7. Literatur

Abstract

The successful hybridization of *Papilio machaon rütimanni*, SEYER 1977, from Samos and *Papilio xuthus xuthus*, LINNAEUS 1767, from Japan, together with the hybrids and their hybrid-larval instars are described and documented. All stages are compared phenologically with the parental species; the hybrid characteristics are classed with their relevant parental species. The *machaon*-subspecies *rütimanni* is introduced and documented. The rise in the mortality rate towards the end of the breeding process and the degeneration of the majority of the hybrids is discussed.

Die erfolgreiche Hybridzucht zwischen *Papilio machaon rüttimanni*, SEYER 1977, aus Samos und *Papilio xuthus xuthus*, LINNAEUS 1767, aus Japan, sowie die Hybriden und die Hybrid-Präimaginalstadien werden beschrieben und abgebildet. Alle Stadien werden phänologisch mit den Elternarten verglichen und die Hybrid-Merkmale werden der jeweiligen Elternart zugeordnet. Die *machaon*-Unterart *rüttimanni* wird vorgestellt. Die gegen Ende der Zucht erhöhte Sterblichkeit und die Degeneration der meisten Hybrid-Falter wird diskutiert.

1. Einleitung

Seit vielen Jahren beschäftige ich mich mit der Zucht verschiedener Schwalbenschwänze aus unterschiedlichen zoogeographischen Regionen. Die letzten Jahre wurde mein Interesse an Hybridzuchten durch die Arbeiten von SEYER (1982) und CLARKE / SHEPPARD (1953 und 1955) geweckt. CLARKE beschreibt 1973 den Hybrid *Papilio machaon machaon*, LINNAEUS 1758, (Finnland) X *Papilio polyxenes asterius*, STOLL 1782, (USA) als Papilio-Hybrid *clarkei* (in: SEYER, 1982, S. 7).

Relativ bekannte Hybridzuchten zwischen einigen paläarktischen *Papilio machaon ssp.* und dem nearktischen *Papilio polyxenes asterius* konnte ich schließlich selbst "nachzüchten" Unterstützung fand ich bei Sune Hauch aus Dänemark, der mir bereitwillig weitere Hybriden zwischen *Papilio polyxenes asterius* und *Papilio zelicaon*, LUCAS 1852, zwischen *Papilio brevicauda gaspeensis*, McDUNNOUGH 1934, und *Papilio machaon hippocrates*, FELDER & FELDER 1864, und sogar drei-Arten-Hybriden zwischen *Papilio polyxenes asterius*, *Papilio zelicaon* und *Papilio machaon ssp.* zur Verfügung stellte.

Intraspezifische Kreuzungen verschiedener *machaon ssp.* zeigten eindeutig, welch großes Genpotential in diesem Artkomplex verborgen ist, da sämtliche Hybriden nicht nur die isolierten Elterngene übernahmen, sondern zusätzliche Fremdmerkmale ausbildeten. So finden sich phänologische, für die Unterartbestimmung relevante Zeichnungsmuster verschiedener Unterarten auch beim mitteleuropäischen *Papilio machaon gorganus*, FRUHSTORFER 1922, (STURM, 1998).

Einen Hinweis auf mögliche Kreuzungen zwischen einer mitteleuropäischen und asiatischen *Papilio*-Art liefert CLARKE und SHEPPARD (1962). Ansonsten finden sich bei CATERINO und

SPERLING (1999) eine Vielzahl angegebener Hybridzuchten, außer einer Kreuzung zwischen *Papilio machaon* und *Papilio xuthus*. Diese werden nach phylogenetischen Untersuchungen sogar verschiedenen Untergattungen zugerechnet und können nicht gekreuzt werden. Zwar sind Hybridzuchten zwischen *Papilio machaon amurensis*, MENETRIES 1859, und *Papilio xuthus* bekannt und von ZAKHAROV bestätigt, beide Arten stammen aber aus der gleichen Region und bilden, so ZAKHAROV nur männliche, unfruchtbare Nachkommen.

Meine Recherchen, sei es in Bibliotheken oder im Internet, führten hinsichtlich der Kreuzung *Papilio machaon ssp.* und *Papilio xuthus* zu keinem Ergebnis. Ich möchte aber an dieser Stelle keinesfalls den Anspruch erheben, dass die folgende Hybridzucht bereits bekannt sein könnte, obwohl ich auch in vielen Fachgesprächen keinerlei Hinweise darauf fand.

Im Gegenteil, einige Kollegen im In- und Ausland zweifelten an der Durchführbarkeit dieser Zucht, als ich ihnen mitteilte, dass ich "soeben die Handpaarung zwischen *machaon* und *xuthus* erreicht und fotografiert habe". Es wurde die Ansicht vertreten, das Weibchen legt keine Eier, wenn doch, dann sind die Eier unbefruchtet, wenn nicht, dann fressen die Raupen nicht, wenn doch, dann sind sie derart degeneriert, dass sie nicht wachsen. An ein mögliches Puppenstadium oder einen möglichen Falterschlupf hat eigentlich niemand gedacht, außer viele mir gleichgesinnte Enthusiasten, die meinten: "Das wird hochinteressant."

2. Zuchtmaterial

2.1 *Papilio machaon rüttimanni*, SEYER 1977

In der Westpaläarktis bildet *Papilio machaon* L. 1758 die Untergruppen *sphyrus*, *syriacus* und *machaon*. SEYER 1982 führt zu jeder Untergruppe mehrere Unterarten an, die genitaliter als gesichert anzuerkennen sind.

Innerhalb der *machaon sphyrus*-Untergruppe erscheint *Papilio machaon rüttimanni* SEYER 1977. Diese Unterart kommt auf Kreta, Karpathos und Rhodos, sowie auf den Inseln der südlichen Sporaden und Kykladen vor.

Der Subspecies-Charakter lässt sich, nach SEYER, durch Genitalpräparate eindeutig klären (Abb.1).

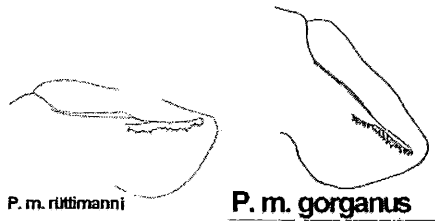


Abb. 1: Vergleich der männlichen Genitalien zwischen der südeuropäischen *machaon*-Unterart *rütimanni* (links) und der mitteleuropäischen Unterart *gorganus* (rechts) (nach SEYER, 1982, S. 36 und 37)

Exemplare dieser Unterart besitzen eine nur schmale Aderschwärzung im Vorderflügel und erscheinen wesentlich heller. Am auffälligsten ist bei 2/3 der Frühjahrsfalter und Spätherbstfalter die durch gelbe Schuppen stark aufgehellte Basalzeichnung im Hinterflügel (SEYER 1982, S. 58).

Außerdem ist die Zelle am Innenrand der Hinterflügel zwischen der Analader "An" und der Cubitalader "cu2" (vgl. Abb.23) nicht geschwärzt, sondern rein gelb. Diese Aufhellung kann auch in anderen *machaon* Unterarten gelegentlich mit geringem Prozentsatz vorkommen und ist dann als *f. dissoluta* oder *f. fenestrella* bekannt (STURM, 1998).

Die *rütimanni*-Raupen fressen an den für *machaon* bekannten *Umbelliferen* und darüber hinaus in Einzelfällen auch an Zitrone (*Citrus limon*). Besonders viele Eier wurden an Passionslume (*Passiflora caerulea*) abgelegt. Diese wurde von den Raupen aber nicht gefressen.

2.2 *Papilio xuthus xuthus*, LINNAEUS 1767

Papilio xuthus xuthus, L. 1767, ist im süd-ost-asiatischen Raum in China, Japan, Korea, Taiwan und Hawaii weit verbreitet. Die von mir zur Zucht verwendeten Tiere stammen aus Japan. Genauere Angaben ließen sich nicht recherchieren.

Phänologisch gibt es viele übereinstimmende Merkmale mit *Papilio machaon*, abgesehen von den Larvalstadien. Umfangreiche DNA-Untersuchungen zur Phylogenese von *Papilio xuthus* innerhalb des Tribus *Papilionini* von CATERINO und SPERLING (1999) haben ergeben, dass

neither *Papilio alexanor* nor *Papilio xuthus* belongs in the *machaon* group “ (S. 122). Demzufolge wird *Papilio xuthus* der Untergattung *Papilio* (*Sinoprinceps*) zugeordnet und nicht der Untergattung *Papilio* (*Princeps*), welcher die Arten der *machaon*-Gruppe zugehören. Als beschriebene *xuthus*-Unterarten sind *ssp. koxingus* und *ssp. neoxuthus* aus Taiwan bekannt. Die berechnete Unterartstellung kann ich an dieser Stelle nicht prüfen. Die *xuthus*-Raupen fressen an Zitrone (*Citrus limon*), Orange (*Citrus sinensis*), Skimmie (*Scimmia japonica*), Amur-Korkeiche (*Phellodendron amurense*) und Weinraute (*Ruta graveolens*).

3. Hybrid-Zucht

3.1 Kopula

Am 4. August 2003 schlüpfte gegen 10.00 Uhr ein Weibchen von *Papilio machaon rütimanni* in 3. Generation. Gegen 11.00 Uhr schlüpfte ein Männchen von *Papilio xuthus* in der 2. Generation. Beide Tiere entfalteten ihre Flügel zügig und begannen am frühen Nachmittag mit der Nahrungsaufnahme. Bei beiden Arten handelte es sich um Einzelexemplare. Andere Puppen der jeweiligen Art wiesen keinerlei Verfärbung auf, was darauf hindeutete, dass mit einem Schlupf von Geschlechtspartnern zur reinrassigen Weiterzucht nicht zu rechnen war.

Ich versuchte am späten Nachmittag die beiden Falter durch Handpaarung zu paaren, musste aber nach mehreren Versuchen abbrechen, da sich das *xuthus*-Männchen zwar leicht stimulieren ließ, die Genitalarmaturen aber bei Kontakt mit dem *machaon*-Abdomen einzog.

Die Beobachtung vergangener, durchgeführter *Papilio*-Zuchten zeigte, dass sich die Tiere häufig schon einige Stunden nach dem Schlüpfen paarten. Also konnte der misslungene Paarungsversuch nicht am Alter der Tiere liegen, sondern musste andere Gründe haben.

SEYER stellte einen ähnlichen Sachverhalt bei dem Versuch einer Paarung zwischen *Papilio machaon rütimanni* und *Papilio machaon hippocrates* fest. Er vermutet, dass der männliche *hippocrates* nicht mit dem weiblichen *rütimanni* gepaart werden kann, da der für *hippocrates*-Weibchen typische Moschusgeruch bei *rütimanni* fehlt. SEYER kommt zu dem Schluss, dass „die Partnerwahl bei den *Papilioniden* vom Männchen bestimmt wird“ (SEYER, 1982, S. 13).

Die Schmetterlinge lebten in meiner Voliere weiter, ohne sich artspezifisch fortpflanzen zu können. Das *xuthus*-Männchen starb nach 5 Tagen. Am 11. August 2003 schlüpfen um 10.00 Uhr gleichzeitig ein *machaon*-Männchen und ein *xuthus*-Weibchen. Da das *machaon*-Weibchen vom 4. August nun schon über eine Woche alt war, wollte ich es zur Weiterzucht nicht mehr verwenden und hatte nun wieder die ungeeignete Konstellation, die eine reinrassige Weiterzucht nicht erlaubte, allerdings mit umgekehrter Geschlechtsverteilung.

Dem ersten, gescheiterten Paarungsversuch zufolge, musste ich davon ausgehen, dass auch hier die Handpaarung verweigert werden würde. Trotzdem begann ich um 12.00 Uhr mit einem neuen Versuch. Das *machaon*-Männchen ließ sich sehr leicht stimulieren und spreizte nach wenigen Sekunden seine Valven. Beim ersten Kontakt mit dem *xuthus*-Abdomen klammerte es sich fest und konnte auch durch leichtes Ziehen nicht mehr getrennt werden. Somit war die Kopula eingegangen und dauerte schließlich 45 Minuten.

Während der Paarung musste das *xuthus*-Weibchen bis etwa 2 Minuten vor Ende festgehalten werden, da es heftig mit den Beinen strampelte und mit den Flügeln flatterte (Abb. 2 und 3). Das *machaon*-Männchen zeigte starke Pumpbewegungen des Abdomens, verhielt sich ansonsten sehr ruhig. An dieser Stelle blieb abzuwarten, ob die Kopula auch zur Befruchtung der Eier geführt hat.

3.2 Eiablage und Eier

Nach vollzogener, mit Handpaarung herbeigeführter Kopula, begann das *xuthus*-Weibchen mit der Nahrungsaufnahme. Es suchte Blüten auf und setzte sich für längere Zeit im Halbschatten der Voliere mit geöffneten Flügeln auf Blättern ab. Das *machaon*-Männchen saß stundenlang am Boden und starb am späten Nachmittag.

Einen Tag nach der Paarung, am 12. August 2003, begann das *xuthus*-Weibchen mit der Eiablage. Es legte insgesamt 4 Eier über den Tag verteilt. Am 13. August legte es 22 Eier und am 14. August 42 Eier. Am 15. August fand ich das Weibchen morgens tot am Boden. In nur 3 Tagen hat es insgesamt 68 Hybrid-Eier gelegt.

Die Eiablage erfolgte fast ausnahmslos an frischen Blättern von *Citrus limon*. Es wurden stets die Triebe belegt, die aus dem Bäumchen ragten.

Dabei spielte es keine ersichtliche Rolle, ob diese der prallen Sonne ausgesetzt waren oder im Schatten standen. Eine Eiablage an ebenfalls in der Voliere wachsenden Weinraute-Büschen (*Ruta graveolens*) wurde nicht beobachtet. An einem Orangen-Bäumchen (*Citrus sinensis*) wurden nur 2 Eier gefunden. Die Eiablage erstreckte sich immer über den Tag verteilt und wurde von langer Nahrungsaufnahme und Ruhephasen des Weibchens unterbrochen.

Die Eier hatten, frisch gelegt, die *xuthus*- und *machaon*-typische weißliche Farbe und nach einigen Stunden waren sie kräftig gelb gefärbt, mit der typischen Form und Größe normaler *machaon* und *xuthus* Eier. Die ersten Eier, die gelegt wurden, verfärbten sich bereits am 2. Tag nach der Ablage, am 14. August. Um die Basis zeichnete sich ein sehr heller, schmaler, orangebrauner Ring ab. Dieser verdickte und verdunkelte sich innerhalb von 2 Tagen zur Microphyle hin und färbte das ganze Ei schließlich dunkelbraun. Erst eine halbe Stunde vor dem Schlüpfen der Raupe wurden die Eier schwarz. Nach einer durchschnittlichen Entwicklungsdauer von nur 4 Tagen schlüpften am 15. August die ersten vier Raupen aus den Eiern.

3.3 Hybrid-Raupen

Von den insgesamt 68 Eiern haben sich 19 nicht entwickelt. Ich erhielt 49 Eiraupen, denen ich folgende Futterpflanzen angeboten habe: Zitrone (*Citrus limon*), Orange (*Citrus sinensis*), Weinraute (*Ruta graveolens*), Skimmie (*Scimmia japonica*), Wilde Möhre (*Daucus carota*), Dill (*Anethum graveolens*), Petersilie (*Petrosilum sp.*), Kümmel (*Carum carvi*) und Karotte (*Daucus sp.*). Alle Raupen sammelten sich auf den frischen Blättern der Weinraute und begannen daran zu fressen. Alle anderen Futterpflanzen wurden nicht angenommen. Für jedes Stadium habe ich habituell wesentliche *machaon*- und *xuthus*-Merkmale gegenübergestellt und in Tabelle 1 unter Farbe (=Grundfärbung), Zeichnung (=Körperzeichnung, Muster) und Form (=Körperform, Merkmale) zusammengefasst.

Eiraupe und 1. Larvalstadium, ab 15. August:

Die Eischalen wurden gefressen. Die Kopfkapsel war glänzend schwarz, der Körper hellbraun, Länge 2 mm. Um die Körpermitte ein weißlicher Ring. Ebenso war das erste Körpersegment und die Nachschieber von weißlicher Farbe. Die typische Vogelkotmimese junger *Papilio*-Raupen konnte erkannt werden. Im 1. Larvalstadium erreichten die Raupen eine Länge von ca. 5 mm. Die samtschwarze *machaon*-L1-Grundfarbe wurde dorsal durch einen schmutzig weißen Sattelfleck unterbrochen. In ihrer Erscheinung glichen

die Hybrid-L1-Raupen *machaon*-Raupen, obwohl sie etwas größere orange Warzen hatten, was jedoch typisch für *rüttimanni*-Raupen in diesem Stadium ist. Alle 49 Raupen überlebten das 1. Stadium.

2. Larvalstadium, ab 18. August:

Körperlänge am Ende des Stadiums etwa 8 mm. Grundfarbe samtschwarz. Im Dorsalbereich der Körpermitte ein ausgeprägter, weißer Sattelfleck. Kleine weiße Flecken auch hinter der Kopfkapsel und im Bereich der Nachschieber. Über den Stigmen große orange Flecken, ebenso dorsal im 2., 3. und letzten Segment. Die intensive Ausdehnung der orangen Zeichnung deutet habituell auf die Dominanz von *rüttimanni* hin. Keine Raupe starb in diesem Stadium.

3. Larvalstadium, ab 22. August:

Körperlänge am Ende des Stadiums etwa 15 mm. Die Raupen hatten eine samtschwarze Grundfarbe und dorsolateral entlang des ganzen Körpers kräftige, schwarze Warzen (Abb. 4). Die ersten und letzten beiden Warzenpaare waren orangebraun, die im Sattelfleck waren weiß. Der schmutzig-weiße, dorsale Sattelfleck der Körpermitte endete lateral in Höhe der Stigmen und setzte sich unterhalb mit kräftiger Orangefärbung fort. Kleine, schmutzig-weiße Flecken ebenfalls lateral im 2., 3. und letzten Körpersegment. Diese sind auch bei *xuthus*-Raupen im 3. Stadium ausgeprägt vorhanden. Die L3-Hybridraupe entsprach trotzdem mehr dem Habitus einer *machaon*-Raupe, da *xuthus*-Raupen in diesem Stadium nicht samtschwarz, sondern dunkeloliv gefärbt sind und keine orange Färbung aufweisen. Alle 49 Raupen überlebten das 3. Stadium.

4. Larvalstadium, ab 27. August:

Körperlänge am Ende des Stadiums etwa 25 mm. Farbe und Zeichnung entsprachen primär der *machaon*-Raupe. Bei genauerer Betrachtung zeigte sich aber, dass die typische *machaon*-Grünfärbung mehr der schmutzig grünbraunen Farbe der *xuthus*-Raupe entsprach. Die Segmente der Körpermitte im Bereich des ehemaligen Sattelfleckes waren zudem weißlich-grün aufgehellt, die schwarzen Körperringe verschmälert und lateral über den Stigmen endend.

Ein wesentliches *xuthus*-Merkmal waren die extrem stark verdickten Brustsegmente (Abb. 5). Die ansonsten sehr schlanke Körperform zeigte somit im ersten Drittel einen ausgeprägten Buckel. Alle 49 Raupen überlebten das 4. Stadium.

5. Larvalstadium, ab 1. September:

download unter www.biologiezentrum.at

In diesem Stadium konnte ich 3 Typen und einen Extremtyp von Hybrid-Raupen erkennen. Die durchschnittliche Körperlänge am Ende des Stadiums betrug knapp 30 mm. Die Raupen waren alle erheblich kleiner und zierlicher als reinrassige *machaon*- und *xuthus*-Raupen (bis 50 mm Länge). Das Osmaterium war orange.

Typ 1: Phänologisch überwiegend *machaon*-Merkmale (Abb. 6). Grundfarbe schmutzig gesprenkeltes Grün. Die schwarze Ringzeichnung stark ausgebildet, aber nicht segmentumschließend, sondern lateral über den Stigmen, entlang des Körpers, unterbrochen. "Normal" große, orange Flecken in den schwarzen Ringen. Unterhalb der Stigmen setzte sich die schwarze Zeichnung fort und umschloss je einen orangen Fleck.. Die Bauchfüße und Nachschieber wie bei *xuthus*-Raupen weiß, vom Grün des Körpers scharf abgegrenzt. Die Körperform wies im Bereich der Brustsegmente einen leichten Buckel auf, der in seiner Ausprägung zwischen *machaon*- und *xuthus*-Raupen anzusetzen ist. Diesem Typ waren 13 Raupen zuzuordnen. Alle 13 überlebten dieses Stadium.

Typ 2: Bei diesem Typ waren *machaon*- und *xuthus*-Merkmale genau zu trennen. Die Grundfarbe entsprach dem dunklen, kräftigen *xuthus*-Grün, ohne Schattierung und Flecken. Ebenso war die reinweiße Bauchseite bis zu den Stigmen und die reinweißen Füße typisch für *xuthus* (Abb. 7). Lediglich die schwarzen Streifen und die orangen Flecken deuteten auf den *machaon*-Einfluss hin. Allerdings schienen die *xuthus*-Gene zu dominieren, denn die schwarzen *machaon*-Streifen waren sehr dünn und umschlossen die Segmente nicht durchgehend. Über den schwarz-orangen Stigmen waren breite, grüne Lücken und der schwarze Ring setzte sich erst dorsolateral wieder fort. Der Buckel im Bereich der Brustsegmente war auch hier gut erkennbar. Insgesamt konnten 28 Raupen diesem Typ zugeordnet werden und alle überlebten dieses Stadium.

Typ 3: Nur 7 Raupen waren diesem Typ zuzuordnen. Die Grundfarbe war das kräftige Hellgrün der *machaon*-Raupen. Sämtliche anderen *machaon*-Merkmale waren sehr stark reduziert und fehlten größtenteils ganz (Abb. 8). Die schwarze Ringzeichnung fehlte oder war in wenigen Segmenten dorsal nur als sehr dünner Strich erkennbar (Abb. 9). Die orangen Flecken reduzierten sich zu kaum sichtbaren orangen Punkten und fehlten im 6. und 7. Segment völlig. Hier war eine graue Fleckenzeichnung angedeutet, die bei *xuthus*-Raupen als weißlich-grauer "Gürtel" sehr ausgeprägt ist. Die Körperseite, auch unter den Stigmen,

zeigte außer dem Hellgrün keine *machaon*-Zeichnung mehr. Lediglich die Körperunterseite und die Beine waren *xuthus*-typisch weiß gefärbt. Die Körperform entsprach der von *xuthus*-Raupen mit dem stark ausgeprägten Buckel und dem sich verjüngenden Körperende. Alle 7 Raupen überlebten dieses Stadium.

Extremtyp: Nur eine einzige Raupe variierte in ihrem Aussehen derart, dass ich sie hier gesondert aufführen möchte. Die Grundfarbe war ein sehr helles, milchig-weißes Graugrün. Dem Aussehen nach eine blasse *machaon*-Raupe. Durch die ohnehin weißliche Grundfarbe war die weiße Körperunterseite kaum erkennbar. Die schwarze Ringzeichnung fleckig im Bereich der Seiten der Körpermitte. Alle schwarzen Ringe mit dem *machaon*-typischen orangen Fleck. Dieser war aber als deutliche Warze ausgebildet und apikal schwarz. Die Warzen überzogen den ganzen Körper, einschließlich der Nachschieber (Abb. 10). Die Körperform wies zwar einen mäßigen Buckel auf, verjüngte sich aber zum Körperende hin kaum merklich. Diese Raupe überlebte das 5. Stadium.

3.3 Verpuppung und Hybrid-Puppen

Zur Verpuppung begannen die ersten Raupen am 8. September mit kurzen Wanderungen. Sie fielen vom Futter und liefen im Zuchtkäfig am Boden herum. Sie waren nur eingeschränkt fähig, die Wände oder Stängel hinauf zu klettern. Schon nach einer kurzen Strecke fielen sie erneut zu Boden. Ich konnte nicht beobachten, ob die Raupen flüssigen Kot abgaben. Allerdings war kein Schrumpfen des Körpers feststellbar.

Zur Verpuppung fertigten die Raupen das gewohnte Seidenkissen und umspannten den Körper mit einem "Gürtel". Als Unterlage dienten bodennahe Stängel, und Kastenwände aus Holz und Gaze. Im Stadium der Vorpuppe schrumpften die Raupen nun auf etwa 20 mm zusammen und bewegten sich bei geringster Störung mit kräftigem Zucken. Hierbei konnte ich beobachten, dass sämtliche Seidenkissen und -gürtel dünn und locker gesponnen waren und leicht abrissen. Mehr als die Hälfte der Raupen hing einen Tag nach dem Anspinnen mit gerissenem Gürtel kopfabwärts am Seidenkissen oder mit freiem Hinterleib nur mehr am Gürtel. Die mindere Qualität der Seide oder die schlechte (vererbte?) "Technik" des Verspinnens führte schließlich dazu, dass 11 Raupen im Stadium der Vorpuppe oder während der Verpuppung starben. Sie fanden bei der Häutung zur Puppe keinen Halt, stürzten zu Boden und hatten grobe Schnitt- und Platzwunden, so dass sie regelrecht ausliefen.

Die Puppenhaut erhärtete nur sehr langsam und war darüber hinaus extrem dünnhäutig. Hier machte sich möglicherweise die Degeneration bemerkbar, nicht nur der geringen Größe wegen, sondern vielmehr der Vitalität wegen.

Um dem Voranschreiten der Sterblichkeitsrate entgegenzutreten habe ich 38 Vorpuppen vom "Gespinst" abgelöst. Diese legte ich auf Zellstoff und nur 13 schafften die Verpuppung ohne weitere Probleme. Die anderen 25 konnten die Raupenhaut nur bis zu zwei Drittel abstreifen, bis die Puppenhaut meist ventral einriss und die Tiere regelrecht "ausliefen".

Die 13 gesunden Puppen waren mit 18 bis 20 mm extrem klein, extrem zierlich und verletzlich. Alle Raupenhäute verblieben am Cremaster und wurden nicht vollständig abgeschoben. Nach einigen Tagen konnten sie aber bei einigen mit einer Pinzette entfernt werden.

Die Form der Puppen entsprach normalen *machaon*-Puppen. Der dorsale Höcker am Thorax war nur etwas stärker ausgeprägt (Abb. 11), aber keinesfalls so stark wie für *xuthus*-Puppen typisch. Die für *xuthus*-Puppen typischen, lauten "Schnarrgeräusche" beim Bewegen der Abdominal-segmente ließen sich nicht nachweisen. Von den 13 Puppen waren 10 graubraun (Winterpuppe) und nur 3 dunkelgrün (Sommerpuppe). Meines Wissens bildet *xuthus* auch im Herbst grüne Winterpuppen, was dafür spräche, dass die graubraunen Hybridpuppen mehr zu *machaon* tendieren.

1. Larvalstadium, hat ...		
	... von <i>machaon</i>	... von <i>xuthus</i>
FARBE	Samtschwarze Grundfarbe	--
ZEICH.	Sattelflecken	Sattelflecken
FORM	Orange Warzen	--
2. Larvalstadium, hat ...		
	... von <i>machaon</i>	... von <i>xuthus</i>
FARBE	Samtschwarze Grundfarbe	--
ZEICH.	Sattelfleck dorsal und lateral	Sattelfleck dorsal und lateral
FORM	Orange und schwarze Warzen	--
3. Larvalstadium, hat ...		
	... von <i>machaon</i>	... von <i>xuthus</i>
FARBE	Samtschwarze Grundfarbe	--
ZEICH.	Sattelfleck, orange Flecken	Sattelfleck, weiße Sprenkel
FORM	Warzen	--

4. Larvalstadium, hat ...		
	... von <i>machaon</i>	... von <i>xuthus</i>
FARBE	--	"dreckiges" Grün-Braun
ZEICH.	Schwarze Ringzeichnung	Körpermitte weißlich
FORM	Glatt, orange Flecken	Buckel im 1. Körperdrittel
5. Larvalstadium		
TYP 1 hat ...		
	... von <i>machaon</i>	... von <i>xuthus</i>
FARBE	--	"dreckiges" Grün
ZEICH.	Schwarze Ringe unterbrochen	Füße und Körper ventral weiß
FORM	Glatt, orange Flecken	Brustsegmente leicht buckelig
TYP 2 hat ...		
	... von <i>machaon</i>	... von <i>xuthus</i>
FARBE	--	Kräftiges Grün
ZEICH.	Reduzierte Ringe	Unterseite rein weiß
FORM	Glatt, kleine orange Flecken	Brustsegmente leicht buckelig
TYP 3 hat ...		
	... von <i>machaon</i>	... von <i>xuthus</i>
FARBE	Kräftiges Hellgrün	--
ZEICH.	Ringe nur dorsal, sehr dünn	6./7. Segment grauer "Gürtel"
FORM	Glatt, winzige orange Punkte	Stark buckelig
EXTREMTYP		
	<i>machaon</i>	<i>xuthus</i>
FARBE	Weißliches Grau-Grün	
ZEICH.	Schwarze Ringe, orange Warzen	
FORM	Bewarzt, mäßiger Buckel, kein schlankes Körperende	
Puppe hat ...		
	... von <i>machaon</i>	... von <i>xuthus</i>
FARBE	dunkelgrün, braun	Grün
ZEICH.	??	??
FORM	--	Dorsaler Höcker am Thorax

Tabelle 1: Vergleichende Gegenüberstellung und habituelle Angaben zur genetischen Ausprägung der Elterntiere bei den Hybrid-Präimaginalstadien 3.4 Hybrid-Falter

Zum Zeitpunkt der Verpuppung Mitte September stellte sich die Frage, ob sich die Falter noch entwickeln. Die zierlichen, schlanken und kleinen Puppen würden eine Überwinterung vermutlich nicht überleben. Also stellte ich die Puppen an einen halbschattigen, warmen Platz in eine Garage.

Normalerweise bildet *machaon rüttimanni* im Freiland bis Ende Oktober regelmäßig drei, sogar vier Generationen, was gegen die Überwinterung der Hybridpuppen sprach. Für eine Überwinterung sprach allerdings die Tatsache, dass *xuthus*-Puppen der 2. Generation sicher überwintern. Am 20. September stellte ich dann bei den ersten drei Puppen eine schwärzliche Verfärbung fest, die auf die Falterentwicklung hinwies. Einen Tag später waren diese Puppen schwarz gefärbt und durch die Flügelscheiden erkannte man die Flügelzeichnung deutlich (Abb. 12). Gleichzeitig waren an diesem Tag bereits weitere Puppen verdunkelt. Somit war klar, dass die Puppen nicht überwintern würden.

Im Laufe des späten Vormittags versuchte dann der erste Hybrid zu schlüpfen. Die erste Puppe riss dorsal und ventral entlang der Flügelscheiden auf und Kopf und Thorax des Falters schoben sich hinaus. Gleichzeitig vergrößerten sich die Flügel und die Costaladern "quollen" aus der Puppe. An dieser Stelle blieb der Falter aber regelrecht stecken und konnte seine Hinterflügel nicht aus der Puppe befreien. Mit einer Pinzette entfernte ich die Puppenhaut (Abb. 13). Diese Unterstützung konnte den Falter nicht retten. Er lag auf dem Rücken, entfaltete seine Flügel nicht weiter und verstarb schließlich einige Stunden darauf (Abb. 14). Auf die gleiche Weise vollzog sich ein Schlupfversuch am 22. September. Auch hier konnte sich der Falter nicht aus der Puppe befreien und blieb mit den Hinterflügeln stecken. Versuche, ihn zu befreien und an die Gaze zu hängen scheiterten. Ich musste also davon ausgehen, dass die Falter derart degeneriert und damit geschwächt sind, dass sie einen "reibunglosen" Schlupf vermutlich nicht durchführen können. Weitere zwei Schlupfversuche an diesem Tag endeten damit, dass die Puppen zwar einrissen, die Falter sich aber überhaupt nicht befreien konnten.

Am 23. September gegen Mittag schaffte es dann doch ein Falter. Er ist ohne Probleme geschlüpft und an den Gazedeckel geklettert. Dort entfaltete er seine Flügel vollständig. Nur etwa eine halbe Stunde später begann ein weiterer Hybrid mit dem Schlupf. Auch er krabbelte die Gazeseite hinauf, zog aber die Puppenhülle an einem Hinterflügel mit sich. Diese entfernte ich und trotz dieser Störung entfaltete der Falter seine Flügel noch vollständig. Entgegen aller Erwartungen waren an diesem einen Tag gleich zwei Hybriden, zwei Männchen, geschlüpft.

Am 24. und 25. September scheiterten die beiden letzten Schlupfversuche mit dem "Steckenbleiben" der Falter. Aus den 13 Puppen schlüpfen somit nur zwei Hybridmännchen unverletzt (Abb. 15-18), zwei stark verkrüppelt

und vier konnten sich überhaupt nicht befreien. Die restlichen 8 Puppen begannen zwar, sich zu verdunkeln, aber alle starben, ohne dass es zum Schlupfversuch des darin befindlichen Falters kam. Die Flügelscheiden fielen faltig ein und die Puppen vertrockneten. Alle Hybriden waren Männchen.

4. Phänologische Ausprägung der Merkmale beider Parentaltiere bei den Hybriden

Die Hybrid-Beschreibung bezieht sich auf den in Abb. 17 und 18 gezeigten Falter (Hybrid 1). Hierbei stehen phänologische Merkmale und deren Ausprägung im Vergleich mit den beiden Elterntieren (Abb. 19, 20, 21 und 22) im Vordergrund. Zum Vergleich wird der Hybrid 2 (Abb. 15 und 16) herangezogen.

Die flächenmäßige Zuordnung der Flügelzeichnung zur jeweiligen Elternart wird in Abb. 23 farblich dargestellt. Die Zeichnung der Flügeloberseite des Hybrids ist schematisiert als "Ganzes" dargestellt. Hierbei sind die grünen Felder der väterlichen *rüttimanni*-Linie und die roten Felder der mütterlichen *xuthus*-Linie zuzurechnen. Nicht berücksichtigt sind in Abb. 23 der Körper, die Fühler, die Beine, die Flügelunterseite, der Flügelschnitt und die Färbung.

Bei erster Betrachtung der Hybriden fallen die geringe Größe und die im Verhältnis kleinen Hinterflügel auf. Die Vorderflügelänge, gemessen von der Wurzel bis zum Apex, des Vaters beträgt 37 mm, die der Mutter 45 mm und die der Hybriden 31 mm und 30 mm. Die Hinterflügelänge, gemessen von der Wurzel bis zum Ende des Schwanzfortsatzes, beträgt beim Vater 35 mm, bei der Mutter 43 mm und bei den Hybriden 28 mm und 25 mm. Setzt man Vorder- und Hinterflügel zueinander ins Verhältnis, lassen sich folgende Werte errechnen: Vater, 1:0,95, Mutter, 1:0,95, Hybrid 1, 1:0,91 und Hybrid 2, 1:0,83. Damit sind die Hybrid-Hinterflügel im Verhältnis zu den Vorderflügeln auffällig verkleinert. Errechnet man das fiktive Verhältnis zwischen Mutter-Vorderflügel und Vater-Hinterflügel ergibt sich das theoretische Verhältnis 1:0,78. Dieser unterdurchschnittliche, theoretisch-experimentelle Wert nähert sich auffallend dem tatsächlichen Hybrid-Wert an. Somit wird die später noch beschriebene Vermutung bestätigt, dass die Vorderflügel der Hybriden - nicht nur vom Schnitt und der Zeichnung her - von *xuthus* stammen könnten, während die Hinterflügel von *rüttimanni* stammen.

Die Grundfarbe ist einheitlich wie bei *xuthus* ein blasses, weißliches Gelb. Sämtliche anderen Flügelzeichnungen sind bei beiden Hybriden wirklich "gemischt"

Eine genaue Trennung der genetischen Zugehörigkeit und Artzuweisung ist daher nicht möglich. Der Körper der Hybriden entspricht dorsal durch die schwarz angelegte Zeichnung *machaon* und ventral *xuthus*. Lediglich die Gelbfärbung ist einheitlich durch das weißliche *xuthus*-Gelb ersetzt. Beine und Fühler erlauben keine differenzierte Zuordnung.

Vorderflügel:

Der Flügelschnitt muss differenziert beschrieben werden, da die Vorderflügel durch den spitz ausgezogenen Apex und die Einbuchtung des Außenrandes bei den Medianadern "m2", "m3" und der Cubitalader "cul" von *xuthus* stammen. Wie oben beschrieben berufe ich mich hier zudem auf die errechneten Flügelverhältnisse.

Die bei reinrassigen *machaon* schwarze, dünne Aderbeschuppung ist bei den Hybriden oberseits wie unterseits grundsätzlich dicker ausgebildet, aber nicht ganz so dick wie bei reinrassigen *xuthus*. Im ersten Drittel der Submedianader (Sm) ist bei den Hybriden die typische *xuthus*-Gabelung angedeutet, aber nicht stark ausgeprägt. Auf der Unterseite ist sie dagegen sehr deutlich zu erkennen. Das schwarze Basalfeld bis etwa in die Mitte der Diskoidalzelle auf der Oberseite ist vor allem bei *rüttimanni* dicht gelb beschuppt und wirkt aufgehellt. Bei reinen *xuthus* laufen in diesem schwarzen Feld blasse gelbe Streifen. Bei *machaon* und *xuthus* sind die Ränder dieses Feldes nach allen Seiten zur Flügelfärbung scharf abgegrenzt. Bei den Hybriden verlaufen die Ränder ineinander und es dominiert die schwarze *machaon*-Farbe, wobei helle Schuppen in sehr dünnen, kurzen *xuthus*-Streifen rudimentär angedeutet sind. Auch diese sind wiederum auf der Unterseite besser zu erkennen. Das *machaon*-Basalfeld erreicht von der Diskoidalzelle nach unten über die Submedianer (Sm) den Innenrand und wird bei *xuthus* durch die Diskoidalader begrenzt. Bei den Hybriden entspricht der Verlauf der Basalzelle bis zum Innenrand ober- und unterseits deshalb dem von *machaon*.

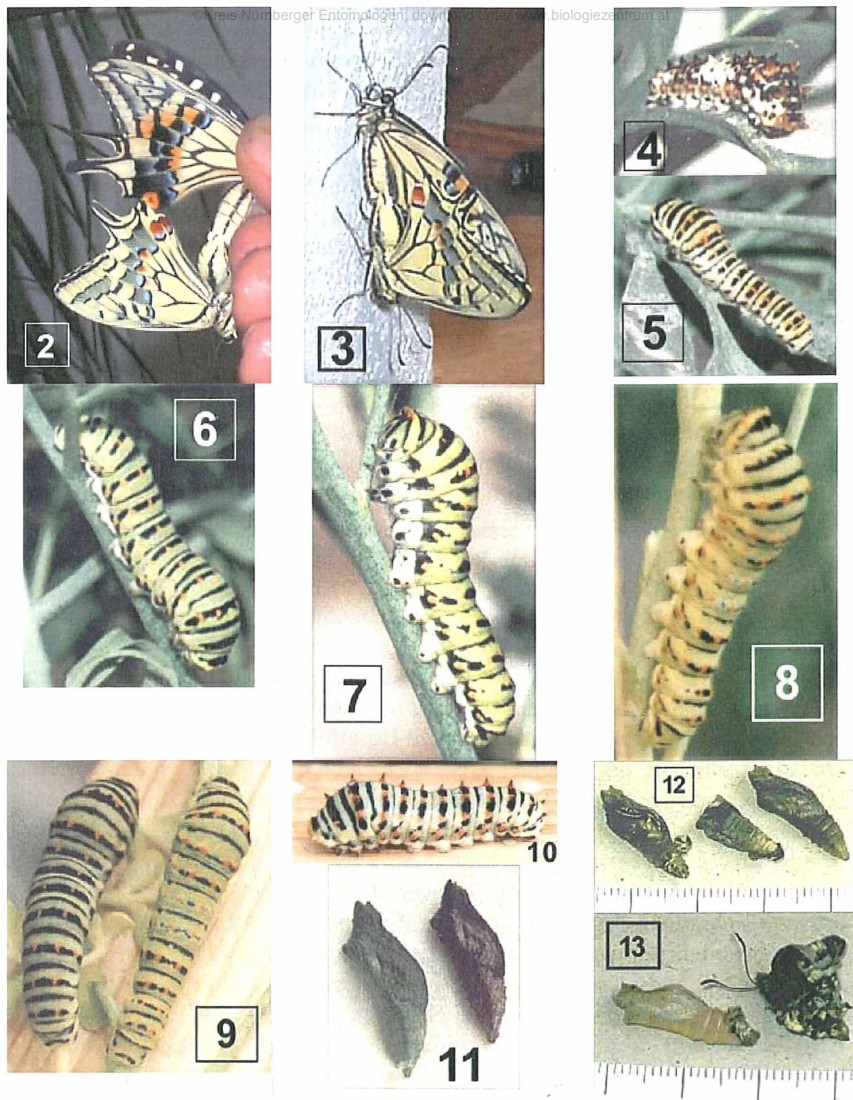


Abb. 2 - 13: Kopula und Entwicklungsstadien der Hybridzucht. **2 und 3:** Handpaarung und Kopula. **4:** Hybridraupe L3. **5:** Hybridraupe L4. **6:** L5-Hybridraupe, Typ 1. **7:** L5-Hybridraupe, Typ 2. **8:** L5-Hybridraupe, Typ3. **9:** Vergleich der L5-Raupen Typ 1 mit Typ 3. **10:** L5-Hybridraupe mit Warzen. **11:** Hybridpuppen. **12:** Hybrid-Falter, die nicht schlüpfen konnten. **13:** Geschlüpfter Hybrid-Falter konnte seine Flügel nicht entfalten

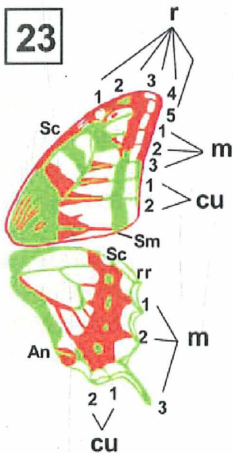
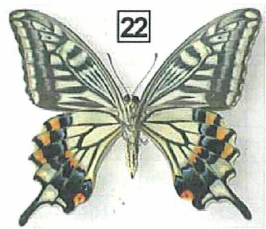
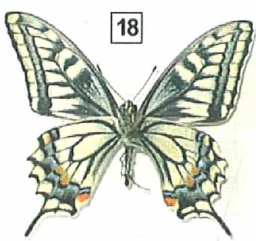
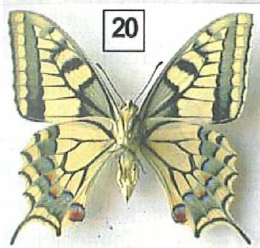
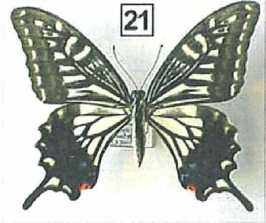
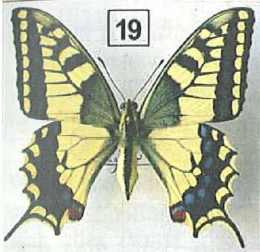
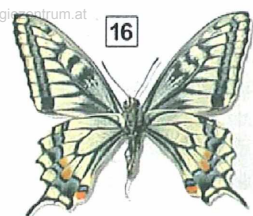


Abb. 14 - 23: Hybriden und Elterntiere. **14:** Erster, verkrüppelter und nicht lebensfähiger Hybrid. **15:** Männlicher *machaon rüttimanni* X *xuthus* Hybrid 1, Oberseite. **16:** Männlicher Hybrid 1, Unterseite. **17:** Hybrid 2, Oberseite. **18:** Hybrid 2, Unterseite. **19:** *Papilio machaon rüttimanni*, SEYER 1977, Samos, männliches Elterntier, Oberseite. **20:** *Papilio machaon rüttimanni*, männliches Elterntier, Unterseite. **21:** *Papilio xuthus xuthus*, L. 1767, Japan, weibliches Elterntier, Oberseite. **22:** *Papilio xuthus xuthus*, weibliches Elterntier, Unterseite. **23:** Schema zur phänologisch-genetischen Differenzierung der Hybrid-Oberseitenzeichnung in *machaon* (grün)- und *xuthus* (rot)- Merkmale bzw. Anteile.

Die schwarze Submarginalbinde auf der Oberseite weist bei den Hybriden blassgelbe "Rechtecke" auf, flächen- und formmäßig eine Mischung aus den großen *machaon*-Halbmonden und den kleinen *xuthus*-Flecken. Die für *xuthus* typische Verbreiterung der Binde zum Innenrand hin ist nicht ausgebildet. Die Einstreuung heller Schuppen ist im Vergleich zu *machaon* sehr stark reduziert.

Hinterflügel:

Der Hinterflügelschnitt entspricht vor allem wegen dem Verhältnis zu den Vorderflügeln (vgl. oben) und der langen und schmalen Schwanzfortsätze sowie den hervortretenden "Spitzen" am Außenrand reinrassigen *rüttimanni*-Individuen. Allerdings lässt sich die hell-orange und verkleinerte Ocelle am Innenrand der Hinterflügel eindeutig *xuthus* zuordnen, wobei der schwarze Punkt nicht wie bei *xuthus* im Zentrum, sondern wie bei *machaon* am unteren Ocellenrand liegt. Das die Ocelle nach unten umrandende gelbe Feld stammt von *machaon*, die kurze, schwarze und blaue Binde über der Ocelle stammt dem stumpfen Winkel zum Innenrand entsprechend von *xuthus*. Die Zelle zwischen der Analader "An" und der Cubitalader "cu2" am Innenrand ist bei den Hybriden schwarz beschuppt. Bei der *xuthus*-Mutter fehlt diese Beschuppung völlig, beim *rüttimanni*-Vater ebenfalls. Hier scheint sich aber trotzdem *machaon* durchgesetzt zu haben, denn die Schwärzung dieses Flügelbereiches ist bei vielen Rassen ausgeprägt und kann demnach auch bei *rüttimanni* vorkommen, wie reinrassige Vergleichsexemplare aus meiner Zucht bestätigen. Auf der Flügelunterseite der Hybriden ist die Schwärzung nicht vorhanden, die Zelle ist durch schwarze Adern begrenzt.

Die schwarze postdistale Binde bei den Hybriden erreicht die Diskoidalzelle wie bei *xuthus* nicht. Allerdings entspricht der Verlauf der Binde im Apex mehr *rüttimanni*, da der *xuthus*-Knick nicht stark ausgeprägt ist. Die Breite der Binde entspricht *rüttimanni* und die submarginalen gelben Halbmonde sind *machaon*-typisch ausgeprägt. Diese Merkmale sind auf der Unterseite noch deutlicher zuzuordnen und differenzierter angelegt. Die blauen Prachtflecken in der Binde sind flächenmäßig *xuthus*-typisch stark reduziert und *machaon*-typisch über die gesamte Länge der Binde verteilt. Auch die Farbe entspricht dem Königsblau von *machaon* und nicht dem Graublau von *xuthus*. Auf der Unterseite ist die Binde *machaon*-typisch hellblau und hellgrün-gelb bestäubt, lediglich die scharfe Schwarzabgrenzung der Ränder stammt von *xuthus*.

Weiterhin finden sich auf der Unterseite zwischen "m1" und "m3" postdistal zwei orange Flecken, die sowohl bei *machaon*, als auch bei *xuthus* vorhanden sind. Trotzdem scheinen sie von *machaon* zu stammen, da die Binde an dieser Stelle stärker eingekerbt ist als bei *xuthus* und drei weitere orange *xuthus*-Flecken submarginal bei der Subcostalader "sc", dem Radialramus "rr" und der Medianader "m1" fehlen.

5. Abschließende Diskussion

Die durchgeführte Hybridzucht zeigt einmal mehr, dass es hinsichtlich der Erforschung genetischer Beziehungen bekannter *Papilio*-Arten durchaus Extrembeispiele geben kann. Betrachtet man die Ausgangssituation der vorgestellten Zucht, so können sich beide Arten zwar miteinander paaren und die Hybrid-Raupen können die Präimaginalphase durchleben. Es drängt sich aber der Eindruck auf, dass die Phase zwischen adulter Raupe und Verpuppung eine sehr kritische, mit hoher Mortalität behaftete Sache zu sein scheint, in der sich unter Umständen schon die reduzierte Überlebensfähigkeit der Hybriden andeutet.

An dieser Stelle kann ich die Einzigartigkeit der durchgeführten Zucht zur Diskussion stellen. Dabei möchte ich zu bedenken geben, dass sie von sehr vielen, mir nicht bewussten "Zufällen" begleitet sein konnte. So musste ich bei der Kopula nach dem ersten gescheiterten Versuch feststellen, dass ein zweiter, unter annähernd gleichen Bedingungen, wenn auch mit anderer Geschlechterkonstellation, erfolgreich verlief. Die Begründung dieser Tatsache mag wie alles wissenschaftlich belegbar sein, ich möchte aber anmerken, dass eine Wiederholung der Zucht unter gleichen Bedingungen nicht wieder gelingen muss. Die bei den Hybriden beschriebene Merkmalszuweisung beruht auf rein phänologischen Kriterien und es ist mir nicht weiter möglich, sie durch DNA-Analysen zu beweisen. Alle Hybriden, sei es voll entwickelt oder in den Puppen verkrüppelt waren männlich. Die Valven sind zwar groß angelegt, aber die ansonsten gut zu erkennenden Armaturen sind fast nicht zu erkennen. Sie erscheinen unterentwickelt. Die Abdomina der Hybriden sind zudem extrem schlank und wirken sehr "zerbrechlich". Ein Versuch, die Tiere mit einem reinrassigen *machaon*- oder *xuthus*-Weibchen rückzukreuzen, wurde nicht durchgeführt. Es dauerte mehrere Stunden, bis die dünnhäutig wirkenden Flügel erhärteten und ich bezweifle, dass die Hybriden flugfähig waren. Sie krabbelten "unsicher" im Zuchtkäfig und bewegten die Flügel, aber ohne einen im Ansatz erkennbar erfolgreichen Flugversuch.

Mein aufrichtiger Dank gilt Herrn Dieter Knieb, Polling, Herrn Georg Brenner, Eckental, und Herrn Rainer Brenner, Hemsbach, die mir das *machaon*- und *xuthus*-Zuchtmaterial zukommen ließen und mich in meinem Vorhaben, bis hin zur Publikation, immer unterstützten. Nicht vergessen möchte ich meinen Freund Sune Hauch, Aalborg, Dänemark, der mir stets beratend zur Seite stand und mich mit exzellentem Hybridmaterial, sei es Präparate oder Fotos, versorgte. Für die kritische Durchsicht des Manuskriptes bedanke ich mich bei Herrn Dr. Christian Stettner, ANL Laufen. Nicht zuletzt sei allen Kritikern gedankt, deren "Widerstand" mir Ansporn zum Weitermachen war.

Literatur

1. CATERINO / SPERLING (1999): *Papilio* Phylogeny Based on Mitochondrial Cytochrome Oxidase I and II Genes. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. Vol. 11. No. 1. February, pp. 122-137.
2. CLARKE, C.A., SHEPPARD, P.M. (1953): Further observations on hybrid swallowtails. *Entomol. Rec. Suppl.* 65: 1-12
3. CLARKE, C.A., SHEPPARD, P.M. (1955): The breeding in captivity of the hybrid swallowtail *Papilio machaon gorganus* FRUHSTORFER (F) X *Papilio hospiton* GUENEE (M). *The Entomologist* 88: 265-288.
4. CLARKE, C.A., SHEPPARD, P.M. (1962): The hybrids between *Papilio machaon* L. female and *Papilio maackii* male and between *Papilio polyxenes asterias* FABR. Female and *Papilio maackii* MEN. Male (Lepidoptera, Nymphalidae). *Entomologist* 95, 269-271
5. SEYER, H. (1982): Verwandtschaft und Arealgenese der *Papilio machaon* Population in der Westlichen Paläarktis. Dissertation, Philosophische Fakultät der Universität des Saarlandes, Saarbrücken.
6. STURM, R. (1998): Langzeitbeobachtung des Populationscharakters von *Papilio machaon* L. im Raum Straubing / Niederbayern. *Entomol. Z.* 108 (3), S. 105 ff
7. ZAKHAROV, E.V. (ohne Jahr): Variability and hybridization in some swallowtails (Lepidoptera, Papilionidae) in the Russian Far East. Dissertation, Abstract.

Anschrift des Verfassers:

Ralph Sturm

Falkenstr. 8

94369 Rain

e-mail: Ralph.Sturm@t-online.de

homepage: www.ralphsturm.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Galathea, Berichte des Kreises Nürnberger Entomologen e.V.](#)

Jahr/Year: 2004

Band/Volume: [20](#)

Autor(en)/Author(s): Sturm Ralph

Artikel/Article: [Erfolgreiche Kreuzung zwischen *Papilio machaon rütimanni* SEYER, 1977 und *Papilio xuthus xuthus* LINNAEUS, 1767 \(Lepidoptera, Papilionidae\) 3-22](#)