

Seidenraupenproduktion in der Welt und neuere Entwicklungen  
zu Produktionsverbesserung  
Silkworm production in the world and recent developments for  
improving productivity

Dipl. Ing. Reza Sharifi

24. Oktober 2001

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>9</b>		
<b>2</b>	<b>Biologie des Seidenspinners bombyx mory l.</b>	<b>11</b>		
2.1	Herkunft und Domestikation . . . . .	11		
2.2	Systematik der seidenspinnenden Arten . . . . .	12		
2.3	Lebenszyklus . . . . .	14		
2.3.1	Postembryonale Entwicklung	15		
2.3.2	Embryonale Entwicklung . .	18		
<b>3</b>	<b>Verfahren der Seidenproduktion</b>	<b>23</b>		
3.1	Geschichtliche Entwicklung . . . . .	23		
3.2	Produktionsablauf . . . . .	25		
3.2.1	Produktion von Seidenspin- nereiern . . . . .	25		
3.2.2	Aufzucht der Seidenraupen .	30		
3.2.3	Seidengewinnung und Verar- beitung . . . . .	38		
3.2.4	Die Nutzung des Maulbeer- baumes . . . . .	42		
<b>4</b>	<b>Produktionssysteme</b>	<b>47</b>		
4.1	Verbreitung des Seidenbaus . . . . .	47		
4.2	Weltproduktion und Nachfrage . . .	47		
4.3	Systeme der Seidenraupenprodukti- on an traditionellen Standorten . . . . .	51		
4.4	Systeme der Seidenraupenprodukti- on an neuen Standorten . . . . .	56		
<b>5</b>	<b>Ansätze zur Verbesserung der Seiden- raupenproduktion</b>	<b>59</b>		
5.1	Züchtung . . . . .	59		
5.1.1	Klassifikation der Seidenrau- penrassen . . . . .	59		
5.1.2	Zuchtmethoden . . . . .	59		
5.1.3	Molekularbiologische Arbei- ten i.d. Seidenraupenzucht .	74		
5.2	Fütterungsverfahren . . . . .	75		
5.2.1	Fütterung mit der Maulbeere	75		
5.2.2	Einsatz von künstlichem Futter	77		
5.3	Aufzuchtmanagement . . . . .	80		
			5.3.1	Optimierung der Umweltbe- dingungen . . . . . 80
			5.3.2	Besatzdichte . . . . . 81
			5.3.3	Management des Spinnpro- zesses . . . . . 81
			5.3.4	Einsatz von Hormonen und Wachstumsregulatoren . . . . 82
			5.4	Verwertung von Nebenprodukten des Seidenbaus . . . . . 83
<b>6</b>	<b>Nutzung des Seidenspinners zur Ver- besserung der Agrarproduktion in Entwicklungsländern</b>	<b>91</b>		
6.1	Klimatische Voraussetzungen . . . . .	91		
6.2	Makro- und sozioökonomische Rah- menbedingungen und überbetriebli- che Voraussetzungen . . . . .	91		
6.3	Betriebsorganisatorische Vorausset- zungen . . . . .	93		
6.4	Fallbeispiele mit ökonomischer Be- wertung . . . . .	94		
6.5	Einsatz der Seidenraupenproduktion in Verbundsysteme und Agroforst- wirtschaft . . . . .	96		
6.6	Perspektiven . . . . .	98		

# Tabellenverzeichnis

3.1	Voltinismuscharakter der Eier beeinflusst durch Temperatur und Tageslänge während der verschiedenen Entwicklungsphasen der bivoltinen Elternrasse . . . . .	26	5.8	Durchschnittliche Leistungen von neu entwickelten Linien mittels Mutationszüchtung im Vergleich zu Kontrolllinien . . . . .	72
3.2	Wirtschaftlich bedeutende qualitative und quantitative Kokoneigenschaften (I.) . . . . .	44	5.9	Chemische Zusammensetzung von Maulbeerblatt bei verschiedener Position am Zweig . . . . .	76
3.3	Wirtschaftlich bedeutende quantitative und qualitative Kokoneigenschaften (II.) . . . . .	45	5.10	Durchschnittliche Leistung verschiedener Seidenraupenrassen bei der Fütterung mit Maulbeervarietäten unterschiedlicher Ploidiegrads . . . . .	76
4.1	Die Weltproduktion von Textilfasern Textilfaser (1000MT) . . . . .	47	5.11	Einfluss unterschiedlich hoher organischer Düngergaben (menschliche Fäkalien) auf Blattertrag, Kokon und Raupen (bei bivoltinen Rassen) . . . . .	77
4.2	Weltproduktion von Rohseide und Seidenabfallstoffen (t) . . . . .	48	5.12	Einfluss von Gibberellinsäure auf wirtschaftlich wichtige Merkmale der Seidenproduktion (bei polyvoltine x biovoltine Hybridrasse) . . . . .	78
4.3	Weltseidenexport und -import . . . . .	50	5.13	Chemische Zusammensetzung des künstlichem Futters . . . . .	79
4.4	Weltimport von Rohseide und Seidenproduktion in Millionen US\$ . . . . .	50	5.14	Einfluss der Temperatur auf Futteraufnahme und Gewichtsentwicklung im 1. und 3. Instar . . . . .	80
4.5	Produktionssysteme des Seidenbaus . . . . .	52	5.15	Optimaltemperaturbereich während der einzelnen Instars . . . . .	80
5.1	Vergleiche der Produktivität des Seidenbaus in Japan zwischen 1900 und 1977 . . . . .	60	5.16	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf Mortalitätsrate und Dauer der larvalen Phase bei Temperaturen von 25°C . . . . .	81
5.2	Unterschiede in den Hauptmerkmalen zwischen Seidenraupenrassen unterschiedlicher geographischer Herkunft . . . . .	61	5.17	Anpassung der Aufzuchtfläche an das larvale Wachstum von Raupen mit unterschiedlichem Voltinismus . . . . .	81
5.3	Wichtige Selektionsmerkmale in der Seidenraupenzüchtung . . . . .	63	5.18	Einfluss der Temperatur und Feuchtigkeit auf die Haselbarkeit von Seidenraupenkokons . . . . .	82
5.4	Variationsbereiche von Schätzwerten der Heritabilität bei Seidenraupen . . . . .	64	5.19	Einfluss der Luftfeuchtigkeit und Art der Spinnergeräte . . . . .	82
5.5	Leistungsvariation ausgewählter Merkmale bei Seidenraupenrassen mit unterschiedlichem Voltinismuscharakter . . . . .	64	5.20	Die Fütterungsmenge und Abfallproduktion (bezogen auf 15 Eikarten bei der Seidenraupenzucht in absoluten- und relativen Zahlen . . . . .	84
5.6	Leistungsvergleich zwischen einer polyphagen Rasse (ASAGIRI) und kommerziellen Rassen (gezüchtet im National Institute of Sericulture Entomology of Science) . . . . .	65	5.21	Biogasgewinnung aus Abfallprodukten der Seidenraupenzucht bei 37 grad Celsius . . . . .	84
5.7	Die Variationsbreite der Heterosis bei Seidenraupen, in Prozent . . . . .	71	5.22	Chemische Bestandteile und Anteile der Seidenraupenpuppe . . . . .	85
			6.1	Arbeitsbedarf wichtiger Kulturen in Indien . . . . .	92
			6.2	Vergleich der Leistungs-Kosten-Differenz verschiedener Kulturarten in Indien (Karnataka) . . . . .	95

6.3	Darstellung des Leistungs-Kosten-Verhältnisses im Seidenbau in Kolumbien . . . . .	96
6.4	Investitionsrechnung für Seidenbau (Fallbeispiel Philippinen); (Zahlenangaben in Peso). . . . .	97

# Abbildungsverzeichnis

2.1	Systematik der seidenspinneenden Arten . . . . .	13	4.1	Ursprungsgebiet und Verbreitung des Maulbeerbaumes, Verbreitung des Seidenbaus und Regionen mit sich im Aufbau befindlichem Seidenbau	49
2.2	Aus dem Lebenszyklus des Seidenspinners <i>Bomby mori</i> L. . . . .	15	4.2	Organisationsstruktur des Seidenbaus in China . . . . .	54
2.3	Bilder aus dem Lebenszyklus . . . . .	16	5.1	Darstellung des Selektionsfortschrittes für die Merkmale Ordentlichkeit und Kokonfilamentlänge bei den Nachkommen der Kreuzung von polyvolt. Rassen mit bivolt. Rassen chinesischer und japanischer Herkunft bei 28-30 grad Celsius und rel. Luftfeuchte von 85-90 Prozent . . . . .	66
2.4	Schematische Darstellung der Raupe	17	5.2	Selektionsfortschritt und Vergleich . . . . .	68
2.5	Seidendrüse der Seidenraupe . . . . .	18	5.3	Darstellung unterschiedlicher Zuchsysteme bei Seidenraupen . . . . .	69
2.6	Eistruktur des Seidenspinners (1) und elektronenmikroskopische Aufnahme der Mikropye (2) . . . . .	19	5.4	Praktisches Beispiel der Erstellung einer Einfach-Kreuzung . . . . .	73
2.7	Schematische Darstellung der embryonalen Entwicklung . . . . .	21	5.5	Chromosomenarten von <i>Bombyx mori</i> L. mit 25 Kopplungsgruppen; das weibliche Geschlecht besitzt die Geschlechtschromosomen X und Y. (Das X-Chromosom ist mit Ziffer 1 nummeriert) . . . . .	86
3.1	Die asiatischen Handelsrouten im 8. Jahrhundert . . . . .	24	5.6	Einfluss von Vitamin C und Cu-Sulphat auf Kokon- und Kokonschalengewicht . . . . .	87
3.2	Einige Merkmale . . . . .	27	5.7	Verhältnis zwischen Besatzdichte und monetärem Ertrag . . . . .	87
3.3	Verfahren der Brutproduktion (Seidenspinnereier) . . . . .	29	5.8	Tabelle 5.18 als Graphik . . . . .	88
3.4	Die Raupenaufzucht (I) . . . . .	32	5.9	Tabelle 5.19 als Graphik . . . . .	88
3.5	Die Raupenaufzucht (II) . . . . .	33	5.10	Einfluss von Juvenilhormonverabreichung auf Wachstum und Kokonertrag bei unterschiedlichen Temperaturen . . . . .	89
3.6	Grabenaufzucht in einem Aufzuchttraum . . . . .	34	5.11	Verwertung von Nebenprodukten des Seidenbaues . . . . .	90
3.7	Die Grabenaufzucht im Speziellen . . . . .	35	6.1	Beispiele für die Integration der Tierhaltung in Plantagen und die Nutzung von Mischkulturen als Bestandteil eines kreislaforientierten Verbundsystems . . . . .	99
3.8	Aufzuchtmaschinen . . . . .	36			
3.9	Spinngeräte . . . . .	37			
3.10	Aufbau, Prinzip und Darstellung . . . . .	38			
3.11	Darstellung der Kokonfilamente beim Haspeltvorgang . . . . .	39			
3.12	Schematische Darstellung einer Haspelmaschine mit Becken und Fadenanleger . . . . .	40			
3.13	Haspelgeräte . . . . .	41			

# Kapitel 1

## Einleitung

In vielen ländlichen und semi-urbanen Regionen der zahlreichen Entwicklungsländer ist Arbeitslosigkeit und Unterbeschäftigung weit verbreitet. Arbeitslosigkeit und Unterbeschäftigung stellen ein sozialpolitisches und ökonomisches Problem dar. Die Armut in ruralen Gebieten wird teilweise als eine Folge der ländlichen Unterbeschäftigung betrachtet. Die Bereitstellung der Beschäftigungsmöglichkeiten für die durch Bevölkerungswachstum freigewordenen Arbeitskräfte mittels Ausweiten von Landwirtschaftlicher Nutzfläche vor allem in dichtbesiedelten Regionen sind Grenzen gesetzt.

Desweiteren sind größtenteils die Deviseneinnahmen vieler Entwicklungsländer von einigen wenigen Exportgütern abhängig, was sich aufgrund der Weltmarktpreisschwankungen hemmend auf die gesamtwirtschaftliche Entwicklung dieser Länder auswirkt. Seidenbau - als ein arbeitsintensiver, landwirtschaftlicher Produktionszweig - bietet außer landwirtschaftliche, ländliche Beschäftigungsmöglichkeiten zugleich Beschäftigungsmöglichkeiten in vor- und nachgelagerten Industriesektoren, wie Haspeleien, Webereien, Spinnereien und Färbereien.

Aus der Sicht der Arbeitsabsorption stellt der Seidenbau nach BALASBRAMANIAN (1988) eine ideale Industrie für die Entwicklung des ländlichen Raums dar. In vielen traditionellen Seidenbauländern sind viele Frauen in der Seidenproduktion involviert, so daß der Seidenbau eine Verbesserung der Einkommenserzielung von Frauen ermöglicht. Die Seidenraupenzucht und der damit verbundene Maulbeeranbau ist in traditionellen Seidenbauländern wie China aufgrund hohem Anfall von Nebenprodukten hauptsächlich in Verbundsystemen vorzufinden (RUDDLE und ZHONG, 1988), so daß Seidenbau sehr gut zur Diversifizierung der landwirtschaftlichen Produktion geeignet ist. Zudem kann das Produkt Naturseide zur Diversifizierung landwirtschaftlicher Exportgüter beitragen.

Seide, auch als *Königin der Fasern* bezeichnet, ist ein wegen ihrer Weichheit, Leichtigkeit und Glanz begehrte Faser, die nicht nur in der Bekleidungsindustrie sondern auch in der Elektro- und reifenproduzierenden Industrie wie auch in der Medizin eingesetzt wird.

Im Gegensatz zu synthetischen Fasern wird Naturseide durch natürliche Energie produziert.

## Kapitel 2

# Biologie des Seidenspinners *bombyx mory* l.

### 2.1 Herkunft und Domestikation

Während der 5000jährigen Zucht des Seidenspinners *Bombyx mori* L. haben sich in den verschiedenen Gebieten verschiedene Rassen herausgebildet, welche sich durch ihren unterschiedlichen Entwicklungszyklus und durch das Aussehen der Kokons und der Raupen von einander unterscheiden und aber nur wenig durch den Phänotyp des Schmetterlings selbst.

Die Rassen bzw. Varietäten leiten sich - entsprechend der geschichtlichen Entwicklung des Seidenbaus - von den chinesischen Faltern ab. Diese sollen letzten Endes in den Bergen Nordindiens beheimatet sein, sind aber schon sehr früh nach China gebracht worden. Es wird aber mit einiger Sicherheit angenommen, daß die Domestikation des Seidenspinners *Bombyx mori* L. erstmalig in China erfolgte. Dafür sprechen auch die Ausgrabungen von angebrochenen Kokonschalen in der Provinz Shanxi im Jahre 1926 und die Funde von Resten von Seidengewebe in der Provinz Zhejiang im Jahre 1958. Mit dem C-14 Isotoptest wurde bewiesen, daß diese Überreste aus der Zeit um 2750 bis 2850 v.Chr. stammen.

Dabei fand der Seidenbau seinen Anfang entlang der beiden Flüsse Huanghe und Chang Jiang.

Am Anfang sollen die Seidenraupen in China nicht wegen ihres Kokons gehalten worden sein, sondern um aus ihren Spinnröhren Saiten zu ziehen, welche für Gitarren und als Angelschnüre benutzt wurden. Selbst in diesem Jahrhundert wird diese Art der Nutzungsform der Seidenraupen praktiziert und unter dem Namen Seidendarm (cut gut, silkworm gut).

Es existieren noch heute zwei wildlebende Schmetterlingsarten, *Bombyx mandarina* Moore und *Theophila religiosae* Helf, die in naher Verwandtschaft zu *Bombyx mori* stehen und als Stammform von *Bombyx mori* L. in Betracht kommen.

*Theophila religiosae* (Synonyme: *Bombyx huttoni* und *Theophila huttoni*), welche in der gemäßigten Zone des Himalayas beheimatet ist, wird von ZEUNER (1967) als Stammform von *Bombyx mori* angenommen. Da aber der haploide Chromosomensatz von *Bombyx mori* 28 beträgt und der von *Theophila religiosae* 31, wird von TAZIMA (1964) *Theophila religiosae* nicht als mögliche Stammform angesehen, obgleich sich nach ZEUNER (1967) die beiden Arten miteinander kreuzen lassen.

Bei *Bombyx mandarina*, der in China, Japan und Korea beheimatet ist, existieren offensichtlich zwei verschiedene Varietäten. *Bombyx mandarina* Falter, die aus Japan stammten, besitzen einen haploiden Chromosomensatz von 27 und bei der Kreuzung mit *Bombyx mori* beobachtete KAWAGUCHI (1928), daß sich eins der Chromosomen von *B. mandarina* während der Reifeteilung mit zwei Chromosomen des *B. mori* in den F<sub>1</sub> Hybriden paarten. Bei den Untersuchungen von ASTAUROV et al. (1959) an *Bombyx mandarina*, gesammelt in China, entdeckte er, daß bei dieser Art der haploide Chromosomensatz 28 beträgt. Somit wird davon ausgegangen, daß die Stammform des domestizierten *Bombyx mori* L. *Bombyx mandarina* ist, der einen haploiden Chromosomensatz von 28 besitzt (TAZIMA, 1964).

Im Laufe der Domestikation und während der 5000jährigen menschlichen Fürsorge verlor das Männchen die Flugfähigkeit teilweise und das Weibchen völlig. Die Seidenraupe verlor die Kriechfähigkeit zur selbstständigen Nahrungssuche und ihre

Bewegungsaktivitäten wurden bis auf wenige Dezimeter dezimiert. Zugleich wurde ihr Geruchssinn für das Futter sowie ihre Greiffähigkeit für das Anhaften an den Zweigen und Ästen so stark geschwächt, daß im Vergleich zu wildlebenden Insek-

ten die Fähigkeit, eine natürliche Umwelt annehmen zu können, völlig degeneriert.

Somit ist der Seidenspinner mehr noch als die Honigbiene zu einem Haustier geworden, das ohne künstliche Aufzucht nicht lebensfähig ist.

## 2.2 Systematik der seidenspinnenden Arten

*Seide ist die Bezeichnung für das Gespinst gewisser Tierarten und ganz besonders für das Gespinst des Echten Seidenspinners Bombyx mori L.*

Es gibt aber zahlreiche andere Tierarten, deren natürliches Produkt von seidenartiger Beschaffenheit ist und als Naturseide verwendet wird. Fast alle seidenspinnenden Arten, die zur konventionellen Nutzung herangezogen werden, gehören zur Klasse Insecta und zu der Ordnung Lepidoptera (Schmetterlinge) (BOCK und PIGORONI, 1938; KRISHNASWAMI et al., 1973).

Es folgt nun die Systematik der seidenspinnenden Arten sowie eine kurze Beschreibung einiger seidenliefernder Arten, die im Vergleich zu Bombyx mori L. jedoch von untergeordneter Bedeutung sind:

- Bombyx mori L.: Der Echte Seidenspinner Bombyx mori L., auch Maulbeerspinner genannt, ist die wirtschaftlich wichtigste Art der seidenliefernden Tierarten. Er weist eine Flügelspanne von 40 mm auf und ist von schmutzigweißer Grundfarbe mit schwärzlich gekämmten Fühlern. Die Zeichnungen auf den Flügeln der etwas kleineren und schmaleren, männlichen Schmetterlinge sind deutlicher ausgeprägt als bei den Weibchen. Rund 95% der Weltseidenproduktion stammt von Bombyx mori, die übrigen 5% werden von den anderen seidenliefernden Arten geerntet (BOCK und PIGORONI, 1938; KRISHNASWAMI et al., 1973; FAO, 1980; WU und CHEN, 1988).
- Antheraea-Arten Vier von rund 35 Arten der Gattung Antheraea Hbn. werden kommerziell genutzt. Die Seide der Antheraea-Arten, mit Ausnahme von A. assamensis, wird als Tussahseide bezeichnet.
- Antheraea mylitta Drury: Der indische Tussahspinner ist in Indien beheimatet. Er ist semi-domestiziert und ein polyphages Insekt. Es lebt von und auf verschiedenen Wirtspflanzen, vornehmlich auf Terminalia-Arten wie T. tomentosa und T. arjuna (JOLLY et al., 1979). Neben einer systematischen Aufzucht wird auch eine Aufzucht in freier Natur praktiziert. Die Kokons werden während der Wintermonate gesammelt, wenn die Wirtsbäume

bereits ihre Blätter abgeworfen haben (KRISHNASWAMI et al., 1973).

- Antheraea yamamai Guer: Der japanische Eichenseidenspinner oder japanische Tussahspinner Antheraea yamamai ist in Japan beheimatet. Er ist polyphag, hauptsächlich aber lebt er auf Eichen (Quercus ssp.) Unter günstigen Bedingungen in künstlichen Aufzuchtträumen ist die Raupe nach 24 bis 28 Tagen spinnreif. Die Seidenfaser von A. yamamai ist sehr fein und von stattlicher Länge und schönem Glanz. Die Nachfrage nach dieser Seide für die Herstellung bestimmter Textilien, Möbel- und Innendekorationen ist im Begriff der ständigen Zunahme (JOLLY et al., 1979).
- Antheraea pernyi Guer: Der chinesische Tussahspinner lebt auf verschiedenen Eichenarten. China ist der größte Tussahseidenproduzent der Welt. A. pernyi wird systematisch aufgezogen. Er überwintert im Puppenstadium, so daß die Puppen in den Kokons zur Eiergewinnung für die nächste Saison in geeigneter Weise aufbewahrt werden (KRISHNASWAMI et al., 1973).
- Antheraea proylei Moor: Diese Seidenspinnerart ist im Himalaya beheimatet. Antheraea proylei ist polyphag und lebt von den Blättern verschiedener Eichenarten. Ihm kommt keine große wirtschaftliche Bedeutung zu (JOLLY et al., 1979).
- Antheraea assamensis Westwood: A. assamensis wird als Mugaseidenspinner bezeichnet. Die glänzende, goldgelbe Mugaseide wird



von dieser semi-domestizierten, multivoltinen Art gewonnen. Sie ist im Nordosten Indiens beheimatet und von großer ökonomischen Bedeutung für die Bevölkerung dieser Region. Als Wirtspflanze dient, neben einigen anderen Baumarten, vorwiegend *Litsea polyantha* (KRISHNASWAMI et al., 1973; THANGAVELU et al., 1986).

- *Philosamia ricini*: *P. ricini* (Eri-Seidenspinner) ist multivoltin mit 5 bis 7 Generationen im Jahr. Er ist in Indien beheimatet. Als Nahrungsquelle dienen diesem polyphagen Schmetterling die Wirtsbäume *Ricinus communis*, *Carica papaya* und *Manihot utilissima* (JOLLY et al., 1979). *Eriogyna pyretorum* Westwood: Dieses Insekt ist in Südchina und in Indien beheimatet. *E. pyretorum*-Raupen werden in freier Natur gesammelt und das Spinndrüsensekret wird noch bevor das Tier es versponnen hat, aus den Raupen gewonnen und zur Herstellung des sogenannten Seidendarms für Angelschnüre genutzt (BOCK und PIGORONI, 1938; KRISHNASWAMI et al., 1973).
- *Attacus atlas* L.: Von *A. atlas* stammt die Fagaraseide. *A. atlas* ist in China, Australien und in Afrika beheimatet. Er liefert hellbraune Seide und bis zu 6 cm große Kokons. Diese seidenspinnende Schmetterlingsart wird hauptsächlich in Indien wild genutzt (SENGUPTA, 1991; SENGUPTA und PRADIP KUMAR, 1991).
- *Pachypasa otus* Drury und *Pachypasa lineosa* Vill: Diese beiden Arten sind im Mittelmeeranraum beheimatet (Süditalien, Türkei, Marokko, Mauretanien). Sie leben auf Pinien, Eschen, Zypressen und Eichen. Im Altertum bildeten diese beiden Arten die Grundlage einer blühenden Seidenkultur auf der Insel Kos. (BOCK und PIGORONI, 1938; JOLLY et al., 1979; SENGUPTA u. PRADIP KUMAR, 1991).
- *Gonometa*-Arten: Diese sind polyphag. Sie leben aber insbesondere auf Akazien wie *Acacia tortilis*. Sie liefern die *Gonometa*seide

und sind weitverbreitet in den afrikanischen Savannen. Die sehr stark glänzende Seide wird in Botswana kommerziell genutzt (SENGUPTA, 1991; SENGUPTA und PRADIP KUMAR, 1991).

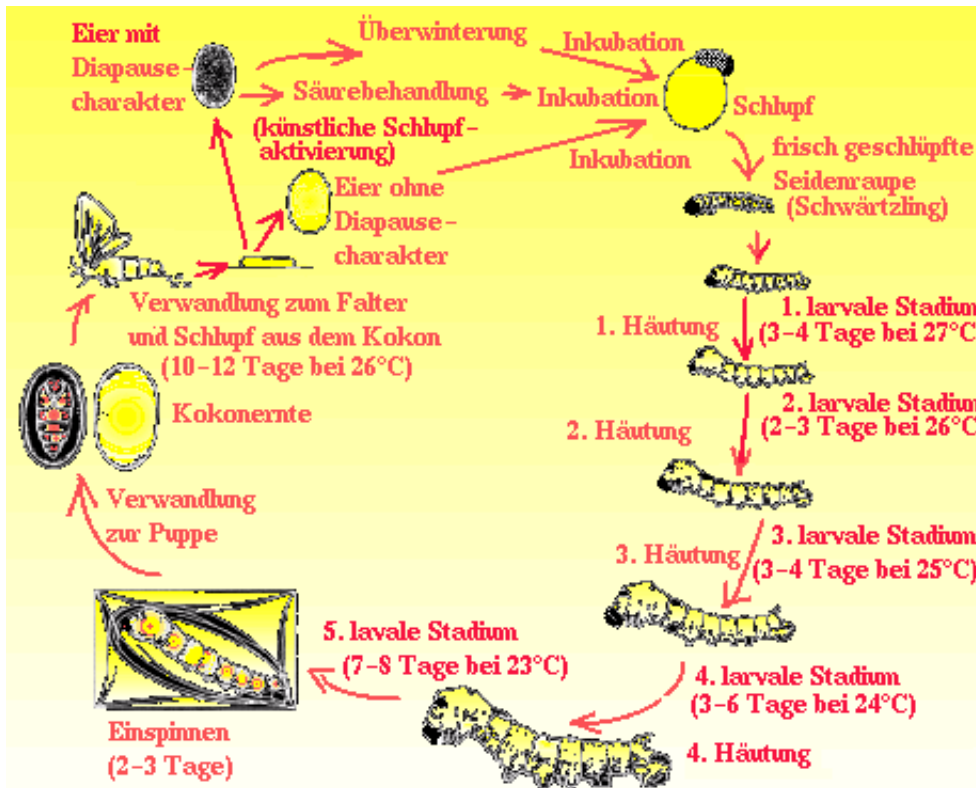
- *Anaphe*-Arten: Die Arten dieser Gattung, *A. infracta*, *A. moloney*, *A. panda*, *A. venata* und einige weitere sind in Afrika, größtenteils in Nigeria, Uganda, Kamerun und Kongo, beheimatet. Die polyphagen Insekten ernähren sich von Blättern von etwa 22 verschiedenen Pflanzenarten. Zur Verpuppung bauen die Raupen ein gemeinsames Kokonnest, in dem sich etwa 80 bis 250 Tiere gleichzeitig und jede einzelne Raupe mit einem Kokon umgibt. Die Nester wiegen annähernd 3 kg und erreichen einen Durchmesser von 20 cm und werden dann von den Bauern eingesammelt und zu einer feinen Seide verarbeitet (BOCK und PIGORONI, 1938; JOLLY et al., 1979; SENGUPTA und PRADIP KUMAR, 1991). Die Seide von *Anaphe venata* ist der Maulbeerseide sehr ähnlich und kann in der Bekleidungsindustrie verwendet werden (SENGUPTA, 1991).
- *Nephila madagascarensis* und *Miranda aurentia*: Die Seide von diesen aus Madagaskar stammenden Spinnenarten hat wegen ihrer hohen Produktionskosten für die Textilindustrie heute keine Bedeutung mehr, aber aufgrund ihrer hochwertigen physikalischen Eigenschaften wie Dehnbarkeit (130%) und Festigkeit findet diese Art der Seide in optischen Instrumenten Verwendung (JOLLY et al., 1979; SENGUPTA, 1991; SENGUPTA und PRADIP KUMAR, 1991; VOLLRATH, 1992).
- *Pinna squamosa*: Die Muschelseide, auch Byssusseide genannt, wird von der *P. squamosa* und anderen Muschel-Arten, die in Flachwassergebieten der Küsten Italiens und Dalmatiens vorkommen, produziert, um sich an den Felsen verankern zu können. Die Produktion dieser sehr teuren Seidenart beschränkt sich ausschließlich auf Italien (JOLLY et al., 1979). (Abbildung 2.1)

## 2.3 Lebenszyklus

Der Lebenszyklus des Seidenspinners dauert in Abhängigkeit von rassenspezifischen Eigenschaften und Umweltfaktoren 6 bis 8 Wochen und bei Eiern mit Diapausecharakter bis zu einem Jahr.

Der Seidenspinner *Bombyx mori* L. gehört zu der Insektengruppe mit vollständiger Umwandlung (Holometabolismus), welche in ihrer Lebensentwicklung und während ihres Wachstums innerhalb einer Generation vier Phasen, nämlich Ei, Larve, Puppe und Imago durchmachen. (WU und CHEN, 1998) (Abbildung 2.2) Der Lebenszyklus des Seidenspinners dauert in Abhängigkeit von rassenspezifischen Eigenschaften und Umweltfaktoren 6 bis 8 Wochen und bei Eiern mit Diapausecharakter bis zu einem Jahr.

Abbildung 2.2: Aus dem Lebenszyklus des Seidenspinners *Bombyx mori* L.



Quelle: LIM et al. (1990), verändert

lange Zeit andauern kann und andere, bei denen die gesamte embryonale Entwicklung ohne Einschaltung einer Ruheperiode erfolgt (non-diapause eggs).

### 2.3.1 Postembryonale Entwicklung

Kommt unter natürlichen Bedingungen nur eine Generation im Jahr zur Entwicklung und wird die embryonale Entwicklung im Ei zwecks Überwinterung gestoppt, dann spricht man von univoltinen Rassen, zu denen die heimischen Rassen der gemäßigten Breiten gehören. Gelangen aber nun mehrere Generationen im Jahr zur Entwicklung, werden diese Rassen als polyvoltine Rassen bezeichnet. Die polyvoltinen Rassen sind in tropischen Regionen enzootisch. Daneben existieren bivoltine Rassen, bei denen zwei Generationen im Jahr zur Entwicklung gelangen und die in den gemäßigten Breiten beheimatet sind. Der Voltinismus wird hauptsächlich durch das Diapausehormon, dem Sekret des Suboesophageal-Ganglions determiniert. Die Aktivität dieser Drüse wird vom Gehirn kontrolliert.

Neben dem Diapausehormon, eine stoffwechselverlangsamende Substanz, dessen Absonderung mit zunehmendem Alter der Raupe steigt, beeinflusst auch das Sekret der Corpora allata, ein stoffwechselbeschleunigendes Hormon, das sogenannte Juvenilhormon, den Diapausecharakter.

Wie viele Insekten so ist auch der Seidenspinner in der Lage, mit Hilfe eines Ruhestadiums (Diapause) einen für seine Entwicklung ungünstigen Zeitabschnitt zu überdauern.

Entsprechend diesem Adaptionsphänomen an unterschiedliche Umweltbedingungen gibt es zwei Typen von Seidenspinnereiern, und zwar solche mit einer Diapause während der embryonalen Entwicklung (diapause eggs), die etwa 24 bis 30 Stunden nach der Oviposition eintritt und über