1 Virusbegriff – Struktur und Systematik

D. Falke

INHALTSÜBERSICHT

1.1	Definition des Virusbegriffs	613	1.4	Einteilung der Viren	615
1.2	Merkmale von Viren	613	1.4.1	Einteilungskriterien	615
1.3	Das Virion	613	1.4.2	Strukturprototypen	615
1.3.1	Bestandteile des Virions	613	1.5	Bakteriophagen	619
1.3.2	Strukturprinzipien des Virions	614	1.6	Unkonventionelle Viren: Viroide, Delta-Agens, Prionen	619
1.3.3	Symmetriefformen des Virions	615			

1.1 Definition des Virusbegriffs

Als Virus bezeichnet man einen außerhalb der Zelle nicht vermehrungsfähigen Komplex von Nukleinsäuren und Proteinen sowie gegebenenfalls Lipiden mit charakteristischer Partikelstruktur. Viren haben das Vermögen, in lebende Zellen einzudringen und deren Stoffwechselapparat zur eigenen Replikation zu verwenden.

liefert das eingedrungene Viruspartikel der Zelle nur Syntheseprogramme. Die Virusvermehrung erfolgt dadurch, daß in einer frühen Phase alle benötigten Virusbausteine vorgefertigt werden; der Zusammenbau erfolgt dann in einer später ablaufenden „Montagephase“.

1.2 Merkmale von Viren

- Viren sind **filtrierbare Partikel**. Ihre Größe liegt zwischen 25 (Virus der Maul- und Klauenseuche) und 300 nm (Pocken-Viren). Der Ausdruck „filtrierbar“ bedeutet, daß Viren bakteriendichte Filter passieren können („Ultrafiltrat“).
- Viren sind **einfach aufgebaut**. Sie enthalten zwar Nukleinsäure, Proteine und Lipide, aber kein einziges der komplexen Strukturelemente, welche für den Aufbau der Zelle typisch sind, wie Kern, Mitochondrien, Ribosomen u. ä.
- Viren enthalten entweder **DNA oder RNA**, niemals aber beide Nukleinsäuretypen. Einige Viren sind mit Enzymen ausgestattet.
- Viren sind **obligate Zellparasiten**: Sie können sich außerhalb lebender Zellen nicht vermehren.
- Die **Vermehrung** der Viren erfolgt ausschließlich durch anabolische Leistungen der Wirtszelle; dabei

1.3 Das Virion

Das vollständig (komplett) aufgebaute, reife Viruspartikel bezeichnet man als **Virion**. Inkomplette, d. h. „unreife“ Partikel sind als Vorstufe des ausgereiften Virions oder als Überschußmaterial in bestimmten Phasen der Virussynthese intrazellulär und extrazellulär nachweisbar. Im Gegensatz zu den infektionstüchtigen, kompletten Partikeln sind die inkompletten Partikel nicht infektiös. Sie können nur elektronenoptisch, biochemisch (durch Enzyme) oder serologisch, nicht aber durch den klassischen Infektionsversuch nachgewiesen werden. Sie sind jedoch von großer Bedeutung für chronische Infektionsverläufe.

1.3.1 Bestandteile des Virions

Von den drei wichtigsten Bauelementen der Viruspartikel sind zwei stets vorhanden; ein drittes ist nur gelegentlich zu finden. Die **Bestandteile** sind:

- Die **Nukleinsäure** (DNA oder RNA) als Träger der genetischen Information. RNA oder DNA ist stets vorhanden und wirkt nicht als Antigen. Die DNA ist linear oder ringförmig und meist doppelsträngig. Die RNA ist meist einzelsträngig und linear, bei einigen Viren ist die RNA segmentiert.
- Das **Capsid** als Schutzmantel der Nukleinsäure. Es besteht aus Protein, wirkt antigen und ist aus Capsomeren zusammengesetzt. Der Komplex aus Nukleinsäure und Capsid wird als **Nukleocapsid** bezeichnet.

Capsomere sind die Bausteine des Capsids. So setzt sich z. B. das einem Hohlzylinder gleichende Capsid des TMV aus kugelförmigen Capsomeren zusammen.

Mehrere dieser Capsomere bilden zunächst eine Capsid-Untereinheit in Form eines mit einem Loch versehenen runden Scheibchens. Der Hohlzylinder des Capsids kann als Stapel dieser Capsid-Untereinheiten aufgefaßt werden. Jedes Scheibchen erscheint an einer Stelle durchgeschnitten, ein Ende nach oben und eines nach unten gebogen, so daß mit den entsprechenden Schnittstellen der anliegenden Scheibchen eine Verbindung zustande kommt und eine Art Wendeltreppe entsteht. Von außen gesehen, erinnert das Modell des TMV-Capsids an einen Maiskolben. Die den Maiskörnern entsprechenden Untereinheiten entsprechen den Capsomeren. Im TMV-Capsid verläuft der RNA-Faden innerhalb der Wand des Hohlzylinders, der „Wendeltreppe“ folgend.

- Die **Hülle**. Sie kommt nur bei einigen Virusarten vor und umgibt das Capsid von außen. Das Hüllmaterial besteht in der Regel aus Proteinen, Glykoproteinen und Lipiden; es wirkt ebenfalls antigen. Die Glykoproteine der Hülle sind als „spikes“ angeordnet.

1.3.2 Strukturprinzipien des Virions

Man unterscheidet einfach-symmetrisch und komplex-symmetrisch aufgebaute Viria.

Von den einfach-symmetrischen Viria kann man vier Partikelprototypen als Modell betrachten:

- Das **Tabakmosaik-Virus** (Abb. 1.1) ist stäbchenförmig (20×300 nm) und besteht aus einer **einsträngigen RNA** und dem zylindrischen Capsid. Die RNA verläuft innerhalb des Capsidzylinders wie in einer Wendeltreppe.

Abb. 1.1. Tabakmosaik-Virus

Abb. 1.2. Myxo-Virus (Influenza-Virus etc.)

- Das **Influenza-Virus** (Abb. 1.2) ist kugelig (80 nm Durchmesser) und besteht im inneren Teil aus einem aufgekäuerten, fadenförmigen **Nukleocapsid**. Das Nukleocapsid-Knäuel ist seinerseits von einer **Hülle** umgeben. Unter der Hülle befindet sich eine Membran (M-Protein). In der Hülle befinden sich „spikes“.
- Das **Adeno-Virus** (Abb. 1.3) ist kugelig (80 nm Durchmesser) und besteht aus einem kugelförmigen DNA-**„Kern“** (Innenkörper, „core“), der von einem Capsid umgeben ist. Zum Unterschied vom Influenza-Virus ist beim Adeno-Virus lediglich die DNA verknäuelt.

Abb. 1.3. Adeno-Virus

Abb. 1.4. Herpes-Virus

Das Capsid ist in die Verknäuelung nicht einbezogen; es umschließt die DNA wie eine Schale. Aus dem Capsid ragen 12 feine Stäbchen antennenartig heraus. Die **Capsomeren** sind so angeordnet, daß die Capsidoberfläche aus 20 Dreiecken zusammengesetzt erscheint (Ikosaeder, 20-Flächner).

- Das **Herpes-Virus** (Abb. 1.4) ist kugelig (180 nm Durchmesser) und besteht aus einem Kern von verknäuelter DNA; das DNA-Knäuel wird vom schalenförmigen Capsid in der gleichen Art umschlossen wie beim Adeno-Virus-Partikel. Zum Unterschied vom Adeno-Virus ist das schalenförmige Capsid der Herpes-Partikel außen noch von einer spikes-tragenden Hülle (envelope) umgeben. Die DNA des Herpes-Virus ist somit von zwei konzentrisch übereinander liegenden Schutzschichten umgeben. Auch das Herpes-Capsid ist ein Ikosaeder.

1.3.3 Symmetriefformen des Virions

Die Symmetrieverhältnisse der Virusteilchen entsprechen – vereinfacht gesehen – einer der folgenden zwei Grundformen. Die Angaben über die Symmetrie beziehen sich stets auf das Nukleocapsid.

- **Einfache Symmetrie:** Die Spiegelbildlichkeit ist hierbei in allen Achsen vorhanden.
 - **Translationssymmetrie:** Eine Achse des Capsids ist länger als die andere. Diese Form der Symmetrie wird mit der Bezeichnung helixförmig (helikal) versehen. Die Capside sind polar aufgebaut, ihre Montage erfolgt von einem bestimmten Ende aus. Beispiel: TMV.
 - **Rotationssymmetrie:** Alle drei Achsen der Ikosaeder sind etwa gleich lang. Das Nukleocapsid nähert sich der kugelförmigen Form. Beispiel: Adeno- und Herpes-Virus.

- **Komplexe Symmetrie:** Die Achsen sind entweder alle ungleich lang oder es existiert innerhalb einer oder mehrerer Achsen keine Spiegelbildlichkeit. Beispiel: T-Phagen haben Kopf- und Schwanzteil.

1.4 Einteilung der Viren

Eine grobe Gruppierung der Viren ist möglich, wenn man die **pflanzenpathogenen** Viren (z. B. TMV) von den **menschen-** und **tierpathogenen** Viren („animalen Viren“) und von den **Bakteriophagen** trennt.

1.4.1 Einteilungskriterien

Folgende Einteilungskriterien (Tabelle 1.1) liegen der heute üblichen Virussystematik zugrunde:

- Der **Typ der Nukleinsäure.** Danach unterscheidet man DNA-Viren und RNA-Viren. Außerdem wird die Frage berücksichtigt, ob die Virusnukleinsäure einsträngig oder doppelsträngig ist. Meist ist die RNA der Viren einsträngig. Dagegen ist die DNA bei Viren überwiegend doppelsträngig.
- Die **Symmetrie** des Nukleinsäure-Capsid-Komplexes (z. B. stäbchenförmig oder kugelig bzw. helikal oder ikosaedrisch).
- Das Vorhandensein oder Fehlen einer **Hülle** (envelope).
- Die **serologischen Eigenschaften** des Capsids und der Glykoproteine der Hülle (spikes); mit diesem Kriterium werden Differenzierungen vorgenommen. Eine verfeinerte Einteilung läßt sich erreichen, wenn man mit monoklonalen Antikörpern einzelne Antigen-Determinanten nachweist.
- Das Vorhandensein gewisser **Enzyme** im Virus, wie Neuraminidase, Polymerase, Reverse Transkriptase.

1.4.2 Strukturprototypen

Aufgrund der geschilderten Kriterien kann man für die beiden großen Gruppen der RNA- und der DNA-Viren charakteristische Strukturprototypen aufstellen. Diese werden jeweils durch ein besonders charakteristisches Virus („Prototyp“) repräsentiert. Obwohl veraltet, dienen Wirtsspezifität und der Organotropismus

Tabelle 1.1. Schema der Viruseinteilung

Nukleinsäure	Capsid	Hülle	Enzym(e)	Virusgruppe oder Virus	Durchmesser (nm)
+/-RNA	=====	-	-	TMV	20 x 300
+/-RNA	⬡	-	-	Picorna (Polio, Coxs, ECHO, HAV, MKS, Rhino)	30
-/-RNA	=====	+	+	Myxo (Influenza (8), Parainfluenza), Corona-Viren	80-200
+/-RNA	⬡	+	-	Toga (Röteln)	70
-/-RNA ^y	=====	+	+	Arena (LCM, Lassa) (2)	100 – 150
-/-RNA	=====	+	+	Rhabdo-Viren (Tollwut)	
⌘-RNA	⬡	-	+	Filo-Viren (Marburg, Ebola)	50 x 200
				Reo (10), Rota (11)	80
+/-RNA	===== ⬡	+	+	Retro, HIV-1,2; HTLV-1,2	100
-/-RNA	⬡	Helferhülle	-	Delta-Virus (HDV)	35
+/-DNA	⬡	-	-	Parvo (B 19)	22
⌘-DNA	⬡	-	-	Adeno, Papova (ohne „Fibern“)	80 50
⌘-DNA	⬡	+	-	Herpesgruppe (HSV, VZV, ZMV, EBV, HHV-6, Herpes-B-Virus)	180
⌘-DNA	⬡	+	+	Hepadna (HBV)	42
⌘-DNA	=====	++	+	Variola (V. vera, V. minor, Vaccinia)	100 x 200 x 300

+/-RNA = Positiv-Strang-RNA; -/-RNA = Negativ-Strang-RNA; ⌘ = Doppelstrang; ⌘ = Einzelstrang; ^y = ambisense RNA; (11) = Anzahl der RNA-Segmente; ⬡ = Capsid (Ikosaeder) ===== = Capsid (helikal)

in klinischen Lehrbüchern z. T. auch heute noch als Einteilungskriterien. Diese Eigenschaften besitzen für die Laborpraxis noch immer Bedeutung, z. B. dann, wenn man für die Serodiagnose diejenigen Virus-Antigene auswählt, die nach dem klinischen Bild am ehesten einen Treffer versprechen.

1.4.2.1 RNA-Viren

Für die RNA-Viren kann man heute neun Prototypen aufstellen. Sieben Prototypen enthalten eine einsträngige RNA; zwei Prototypen enthalten eine doppelsträngige RNA.

- **Tabakmosaik-Virus:** Fadenförmiges Nukleocapsid (s. Abb. 1.1).

- **Picorna-Viren** (Abb. 1.5): (Pico, ital. klein, rna = RNA). Ein kugeliges RNA-Knäuel wird außen von einem schalenförmigen Capsid umgeben. Beispiel: Polio-Virus.
- **Myxo-Viren** (Orthomyxo- und Paramyxo-Viren) (s. Abb. 1.2): Ein stäbchen- bzw. fadenförmiges Nukleocapsid ist kugelig verknäult und außen von einer Membran und der Hülle umgeben. In der Hülle befinden sich spikes, die aus immunogenen Glykoproteinen bestehen.

Abb. 1.5. Picorna-Virus

Abb. 1.6. Rabies (Tollwut)-Virus

Abb. 1.7. Toga-Virus

Abb. 1.8. Retro-Virus

- **Rhabdo-Viren** (Abb. 1.6): Es sind kegel- bzw. geschoßförmige Partikel. Das helixartig angeordnete, fadenförmige Nucleocapsid wird von einer außen liegenden Hülle umgeben. Beispiel: Tollwut-Virus.
- **Toga-Viren** (Abb. 1.7): Ein zentral angeordnetes RNA-Knäuel ist von einem schalenförmigen Capsid umgeben; das kugelige Nucleocapsid steckt seinerseits in einer auffallend weiten, faltigen Hülle (Toga). Beispiel: Röteln-Virus, Gelbfieber-Virus.
- **Retro-Viren** (Abb. 1.8): Es sind RNA-haltige, kugelige Viren; sie können beim Menschen **Tumoren** erzeugen oder **AIDS** hervorrufen. Die RNA ist

Abb. 1.9. Arena-Virus

Abb. 1.10. Rota-Virus

in einem schlauchförmigen Nucleocapsid enthalten; dieses ist zu einem kugeligen Innenkörper unterschiedlicher Gestalt zusammengerollt. Der Innenkörper ist von einem schalenförmigen *Zweitcapsid in Form eines Ikosaeders* und ganz außen von einer Hülle umgeben. Die Hülle trägt einen Besatz aus knopfartigen Strukturen (spikes). Beispiel: Rous-Sarkom-Virus, Humanes Immundefizienz-Virus (HIV).

- **Arena-Viren** (Abb. 1.9): Die RNA der Viren existiert als großes und kleines Molekül; außerdem befinden sich mehrere Ribosomen im Innern der mit Spikes besetzten Hülle. Ein Capsid ist nicht bekannt. Beispiel: Virus der Lymphozytären Chorio-meningitis (LCM).
- **Reo-Viren** (Abb. 1.10): Eine *doppelsträngige* und segmentierte RNA ist für sich allein verknäuel; das Knäuel wird außen von *zwei* ineinander geschachtelten, schalenförmigen Capsiden (*Doppelcapsid*) umgeben. Das Virion der **Rota-Viren** bietet im Negativ-Kontrast das Bild eines Rades mit deutlich hervortretender Speichenstruktur, außen befinden sich „spikes“.
- **Corona-Viren** (Abb. 1.11): Die Einzelstrang-RNA liegt in einem fadenförmigen Capsid vor; das Nucleocapsid ist von einer Hülle umgeben, die Spikes mit endständigen Knöpfen wie eine Krone (lat. „corona“) trägt.

Abb. 1.11. Corona-Virus

Abb. 1.12. Pocken-Virus

1.4.2.2 DNA-Viren

Bei den DNA-Viren ist – zum Unterschied von den RNA-Viren – die doppelsträngige Nukleinsäure die Regel und die einsträngige die Ausnahme. Man unterscheidet sieben Prototypen:

Doppelsträngige DNA-Viren

- Der **Coli-Phage** mit der Bezeichnung „fd“: Er besteht aus einem stäbchenförmigen Nukleocapsid (6×800 nm); die Struktur ähnelt derjenigen des TMV.
- **Adeno-Viren** (s. Abb. 1.3) und **Papova-Viren**: Die DNA ist für sich allein verknäuel. Außen ist das DNA-Knäuel von einem Capsidmantel schalenförmig umschlossen. Das Nukleocapsid hat die Form eines rotationssymmetrischen Ikosaeders. Aus den 12 Ecken des Adeno-Virus ragen 12 Fibern, „Antennen“ vergleichbar, heraus. -Papova-Viren sind rotationssymmetrische Ikosaeder mit einem Durchmesser von etwa 50 nm.
- **Herpes-Viren** (s. Abb. 1.4): Die für sich allein verknäuelte DNA wird von außen von einem Capsid umschlossen. Das kugelförmige Nukleocapsid ist seinerseits wieder von einer Hülle (*envelope*) umgeben. Unter der Hülle liegt eine Schicht (Tegument) aus Proteinen. Ähnlich gebaut, aber viel kleiner ist das Virus der Hepatitis B.
- **Pocken-Viren** (Abb. 1.12): Es sind Viren mit komplex-symmetrischer Quaderstruktur. Die Partikel enthalten in ihrem Innern ein Capsid in Form eines S-förmigen Proteinstabes; dieser enthält die DNA und bildet mit ihr ein Nukleocapsid. Das Nukleocapsid wird von zwei übereinanderliegenden Hüllen umschlossen.
- **T-Bakteriophagen** (Abb. 1.13): Diese sind komplex-symmetrisch aufgebaut; sie bestehen aus einem Kopfteil, einem Schwanzteil und einer Grundplatte.

Abb. 1.13. T-Phage

Abb. 1.14. Bakteriophage ($\phi \times 174$)

Einsträngige DNA-Viren

Eine Sonderstellung kommt zwei weiteren Strukturtypen zu. Sie besitzen zum Unterschied von den bisher geschilderten Viren eine **einsträngige** DNA. Die Vertreter sind:

- Der **Bakteriophage $\phi \times 174$ (Phi x 174)** (Abb. 1.14): Er besitzt eine ringförmig angeordnete, einsträngige DNA in einem Ikosaeder-Nukleocapsid.
- **Parvo-Viren**: Es sind sehr kleine, kugelige Viren (22 nm), die bei vielen Säugetieren und beim Menschen vorkommen. Sie enthalten eine sehr kurze lineare Einzelstrang-DNA. Sie vermehren sich nur dann in der Zelle, wenn diese gewisse Sonderleistungen vollbringt; dies ist lediglich in der S-Phase des Zellzyklus der Fall. Einige Parvo-Viren benötigen für ihre Replikation ein Helfervirus.

Abb. 1.15. T-Phage auf dem Bakterium

1.5 Bakteriophagen

Definition

Unter einem Bakteriophagen versteht man ein Virus, welches ausschließlich Bakterien befällt. Im allgemeinen gehören die Bakteriophagen zu den DNA-Viren; es gibt aber auch RNA-Phagen. Der Bereich der Wirtsspezifität ist für Bakteriophagen besonders eng: Sie sind in der Regel nur für eine einzige Bakterien-Subspezies infektiös. Nach Befall durch einen virulenten Bakteriophagen zerfällt die Bakterienzelle innerhalb von 15 min (Lyse) und gibt die Nachkommenschaft des Bakteriophagen frei.

Züchtung

Sprüht man Bakteriophagen als dünne Suspension auf einen geeigneten Bakterienrasen, so entstehen überall dort, wo Bakterienzellen durch Phagen infiziert worden sind, lochartige Aussparungen des Rasens: Der Phage erzeugt in der Wirtszelle etwa 200 Nachkommen; diese infizieren jeweils die benachbarten Zellen im Rasen. Die Infektion und damit der Lyseprozeß schreitet somit von der Stelle der primären Infektion zentrifugal fort (Infektionsausbreitung per continuitatem).

Grundformen der Phagen

Die Bakteriophagen unterscheidet man wie die übrigen Viren nach ihrem Aufbau. Man kennt drei morphologische Typen:

- Stäbchenförmige Phagen. Sie sind 750 nm lang und 7 nm breit. Beispiel: der fd-Phage.
- Kugelförmige Phagen. Ihr Durchmesser beträgt ca. 25 nm. Im Elektronenmikroskop sehen sie wie eine Maulbeere aus. Beispiel: Der Phage $\phi \times 174$ (Abb. 1.14).

- Phagen mit komplexer Symmetrie. Sie besitzen einen kugeligen Kopfteil (80×125 nm) und einen Schwanzteil (100 nm) mit Grundplatte. Das bekannteste Beispiel liefern die T-Phagen (Abb. 1.13). Im Kopfteil der T-Phagen liegt die von einem Eiweißmantel umschlossene DNA. Der Schwanzteil ist als Röhre ausgebildet; er trägt an seinem Ende eine **Platte** mit Strukturen, die sich zu dem Zellwandrezeptor des Wirtes komplementär verhalten.

Infektionsmodus der Phagen

Am Beispiel der T-Phagen soll der Infektionsmodus der Phagen für die Bakterienzelle geschildert werden (Abb. 1.15).

Trifft die Endplatte mit dem homologen Rezeptor der Wirtszelle zusammen, so wird der Phage spezifisch gebunden. Es kommt dadurch zu zwei nacheinander ablaufenden Vorgängen: Zuerst entsteht durch Enzymwirkung unter der Endplatte ein Loch in der Zellwand; anschließend kontrahiert sich die Eiweißhülle und injiziert die Phagen-DNA durch den röhrenförmigen Schwanzteil in das Zytoplasma der befallenen Bakterienzelle. Zum Unterschied von den übrigen Viren erfolgt bei den T-Phagen das *Uncoating* (s. nächstes Kapitel) bereits außerhalb der Wirtszelle; das Zellplasma nimmt also nicht das gesamte Phagenpartikel auf, sondern nur dessen DNA.

1.6 Unkonventionelle Viren: Viroide, Delta-Agens, Prionen

In den letzten zwei Jahrzehnten hat sich die Existenz von virusähnlichen Partikeln beweisen lassen, die mit einem Minimum an genetischer Ausstattung Krankheiten erzeugen. Man bezeichnet die Mitglieder dieser Erregerklassen als **Viroide** und **Prionen**. In gewisser Weise verwandt mit ihnen erscheint das Delta-Agens (Hepatitis D-Virus).

Viroide

In der Natur kommen **typische** Virusnukleinsäuren in freier Form nicht vor; die weitverbreiteten Enzyme RNase bzw. DNase würden sie sofort zerstören. Andererseits werden gewisse Erkrankungen im Tier- und Pflanzenbereich durch infektiöse Partikel hervorgerufen, die aus reiner RNA bestehen; diese liegt jedoch in einer atypischen, nicht abbaufähigen Ringform vor.

Derartige Partikel heißen Viroide; ihr Informationsgehalt ist sehr gering.

Viroide sind die Erreger der Exocortis-Krankheit von Zitrusbäumen, von Erkrankungen der Kartoffeln, der Tabakpflanzen u. a. Ihre RNA ist ein ringförmiges Molekül mit einem M. G. von etwa 100 000 D, das sich zu einer kleeblatt-ähnlichen Struktur zusammenfaltet. Es ist weder durch ein Capsid noch durch ein Protein geschützt. Eine Wirtszellpolymerase repliziert die RNA. Viroide sind sehr stabil gegenüber Erhitzung und organischen Lösungsmitteln; sie lassen sich aber durch Ribonukleasen zerstören. Man beginnt jetzt mit dem Studium ihrer pathogenen Wirkung.

Delta-Agens

Das ***Delta-Agens*** (35 nm) besitzt eine ringförmige Einzelstrang-RNA und kodiert lediglich für wenige Proteine. Die (-)-Strang-RNA enthält 1678 Basen; für

die Komplettierung des Aufbaues zum infektiösen Partikel ist ein Helfervirus, in diesem Falle das Hepatitis B-Virus notwendig. Davon abgesehen erfolgt die Replikation des Delta-Virus unabhängig vom HBV nach dem ***Rolling-Circle-Modell*** (s. S. 631).

Prionen

Prion ist eine Bezeichnung für „*proteinaceous infectious particles*“. Prionen enthalten *keine Nukleinsäuren, sondern nur Protein*. Man bringt sie in Beziehung zu den Erregern der Scrapie bei Schafen und Ziegen sowie des Kuru und der Jakob-Creutzfeldt-Krankheit des Menschen. Das Protein hat ein M. G. von 27 000–30 000 D. Vorläufig gibt es über ihre Entstehung, ihre Replikation und pathogene Wirkung nur Hypothesen.