

„Der Deckel von Darwins Black-Box ist einen Spalt breit offen“

[Original Artikel: „Deksel van de zwarte doos van Darwin op een kiertje“](#)

Von Tjeerd Blacquière - Juni 2019

Übersetzung aus dem Niederländischen: Claudia Blauert

Seit 1983, als die Varroa-Milbe ihren Vormarsch in den niederländischen Bienenvölkern begann, haben wir als Imker unser Bestes getan, um die Milben zu bekämpfen. Wissend, dass die Kolonien sonst in zwei Jahren zusammenbrechen würden. Das hat geholfen, und jetzt gelingt es uns, die jährliche Sterblichkeit im Winter einigermaßen niedrig zu halten (siehe [Artikel von Bram Cornelissen](#)).

Allerdings hat das Kämpfen auch Nachteile.

Der wichtigste Nachteil ist, dass die Bekämpfung es den Bienen und den Milben nicht erlaubt, sich aneinander anzupassen: Die Milben können nicht weniger schädigend und die Bienen nicht widerstandsfähiger werden. Das ist tatsächlich wirklich bedauerlich.

Deshalb haben wir, aber auch einige ImkerInnen selbst, damit begonnen, die Varroa-Milben "nicht zu bekämpfen". Wie Sie vielleicht wissen, arbeitet bijen@wur an der [Universität Wageningen, NL](#), seit über zehn Jahren daran.

Im Mai 2019 wurden **zwei wissenschaftliche Artikel** über diese Arbeit veröffentlicht: der erste beschreibt und begründet die Methode, die wir verwenden, der zweite beschreibt einen eleganten Versuch an der Universität Gent, bei dem die erblichen Veränderungen (auf genetischer Ebene), die einer der Resistenzeigenschaften zugrunde liegen, nämlich der **Nicht-Reproduktion von Milben** in der Brut, aufgedeckt wurden. Ich werde beide Artikel hier vorstellen. Beide sind 'open access' Artikel, so dass jeder sie herunterladen und lesen kann.

Artikel 1:

Darwinian black box selection for resistance to settled invasive *Varroa destructor* parasites in honey bees, übersetzt:

Darwinistische Black-Box Selektion hin zur Resistenz gegen die invasiven *Varroa destructor* Parasiten bei Honigbienen, von: Tjeerd Blacquière, Willem Boot, Johan Calis, Arrigo Moro, Peter Neumann & Delphine Panziera, in: Biological Invasions (Springer) <https://doi.org/10.1007/s10530-019-02001-0>.

Erst als nach einigen Jahrzehnten mit Varroa klar wurde, dass das Aussterben der wild lebenden Bienenvölker nicht das Ende war, sondern dass sie überleben oder in die Natur zurückkehren konnten (Studien von Fries, Seeley, LeConte, siehe hierzu die Links und Referenzen im original Artikel), beschlossen wir zu untersuchen, ob die natürliche Selektion praktisch auch innerhalb einer Imkerei gelingen würde. Wir waren nicht ganz die Ersten, die das getan haben, aber wir haben ein paar neue Ansatzpunkte gewählt:

- Es ging uns um das Überleben und die Vitalität von Bienenvölkern, ohne die Varroa - Milben zu kontrollieren. Für uns ist daher das einzige Kriterium, dass die Kolonien überleben und sich gut fortpflanzen, was eigentlich dasselbe ist, was man mit Darwinistischer "Fitness" meint (als Maßstab für die Anpassungsleistung).

- Um zu überleben und sich fortzupflanzen, erfordert unser Ansatz, dass die Kolonien sich gut entwickeln (sowohl im Frühjahr als auch im Sommer). Nur gut gedeihende Völker sind auch für Imker attraktiv.

Fitness

Die Völker, die überleben, wachsen und sich am besten fortpflanzen, haben die größte Fitness. Wir denken dann immer schnell: die beste Königin, mit den besten Eigenschaften.

Aber das wäre zu kurz gedacht: es geht um die Eigenschaften des ganzen Volkes - mitsamt der Königin, der Arbeiterinnen, der Drohnen. Darüber hinaus aber auch die Eigenschaften der Varroa-Milben im Volk, der Viren, Bakterien, Mikrobiota etc. Die Fitness eines Volkes könnte auch deshalb besser sein, weil die Varroa-Milben weniger Schaden anrichten.

Zusammengefasst: In unserem System können sich **alle** Faktoren verändern und damit zu einem besseren Überleben und zur Fitness der Bienenvölker beitragen.

Ausschlaggebend dafür ist, wie wir weiter vermehren - ausgehend von einem starken Vorjahresvolk, bilden wir Ableger mit vier Jungvölkern, die jeweils ein Viertel eines guten Vorjahresvolkes sind, jedes ein Jungvolk mit seiner eigenen Königin, seinen eigenen Drohnen, seinen eigenen... alles.

Wir weiseln keine ausgewählten Königinnen in neue Völker ein!

Ein Selektionsprogramm in Amerika: Randy Oliver

Ich erläutere noch das Programm, das Randy Oliver gestartet hat, wo er aus einer großen Anzahl von Völkern sehr schnell diejenigen selektiert, in denen sich die Varroa-Milbe weniger schnell vermehren kann. Nur aus diesen Stämmen züchtet er dann weiterhin Königinnen, die dadurch dann allein über das Selektionsmerkmal Varroa-Vermehrung selektiert werden. Im Frühjahr 2019 sprach ich mit Dennis van Engelsdorp (er ist Professor an der Universität von Maryland in den USA und bis vor kurzem der große Mann der Bienensterblichkeitsüberwachung in Amerika). Er betonte, dass unser System viel weiter geht als das von Randy Oliver, denn wir erlauben die Koevolution in den Bienenvölkern: Die verschiedenen Organismen im Bienenvolk können sich gegenseitig, miteinander und auch an die Anpassungen der anderen Organismen anpassen.

Das geht Schritt für Schritt und bedeutet ***Ko-Evolution***.

Der Artikel beschreibt sukzessive die Bedingungen und welche Anforderungen das Programm erfüllen muss; das Verfahren, wie wir es durchführen; und die Perspektiven, was es uns bringen wird.

Bedingungen

1. Wir beginnen mit 25 lokalen Völkern, die aber nicht allzu verwandt sind. Auf diese Weise gibt es genügend erbliche Variation, aber wir nutzen auch die Anpassungen der Bienen an die lokalen Gegebenheiten. Wir teilen die Völker, und im ersten Sommer behandeln wir sie zum letzten Mal gegen Varroa.
2. Nach diesem ersten Mal im Sommer 1 behandeln wir nicht mehr gegen Varroa.
3. Wir brauchen einen abgelegenen Platz für die Paarung. Abgelegen bedeutet, dass sie nicht in der Nähe vieler anderer Imkerkolonien sind, die Varroa bekämpfen.

Unsere Königinnen müssen sich mit unseren eigenen Drohnen paaren, daher müssen letztere bei weitem die Mehrheit sein.

4. Die Jungvölker werden mit Zucker gefüttert, und bei fehlender Tracht werden die größeren Kolonien auch mit Teig gefüttert. Es ist nicht unsere Absicht, dass Völker verhungern (auch wenn Beifütterung nicht 100% natürlich ist!).

5. Wir werden mindestens vier Jahre lang weitermachen. Dann sieht man schon die ersten Ergebnisse (besseres Überleben, weniger Schäden durch Varroa), und nach diesen ersten vier Jahren will man nicht mehr aufhören! (Aber es ist auch nie ganz 'fertig' - man muss weiter dran bleiben).

Verfahren

Wir haben den Jahresplan in einer Grafik dargestellt, vom Überleben des Winters, über das Wachstum im Frühjahr, die Drohnenaufzucht und schließlich, nach der Bildung eines (kleinen) künstlichen Schwarms, die Aufteilung der Völker in vier Jungvölker, die Paarung der Königinnen und die Entwicklung der Völker bis zum Ende des Sommers. Die Kriterien, die Völker ausfallen lassen, sind in der linken Spalte aufgelistet: im Winter sterben, keine Drohnenaufzucht betreiben, keine Königinnenzellen erzeugen, nicht begattete Königinnen, keine gute Entwicklung im Sommer.

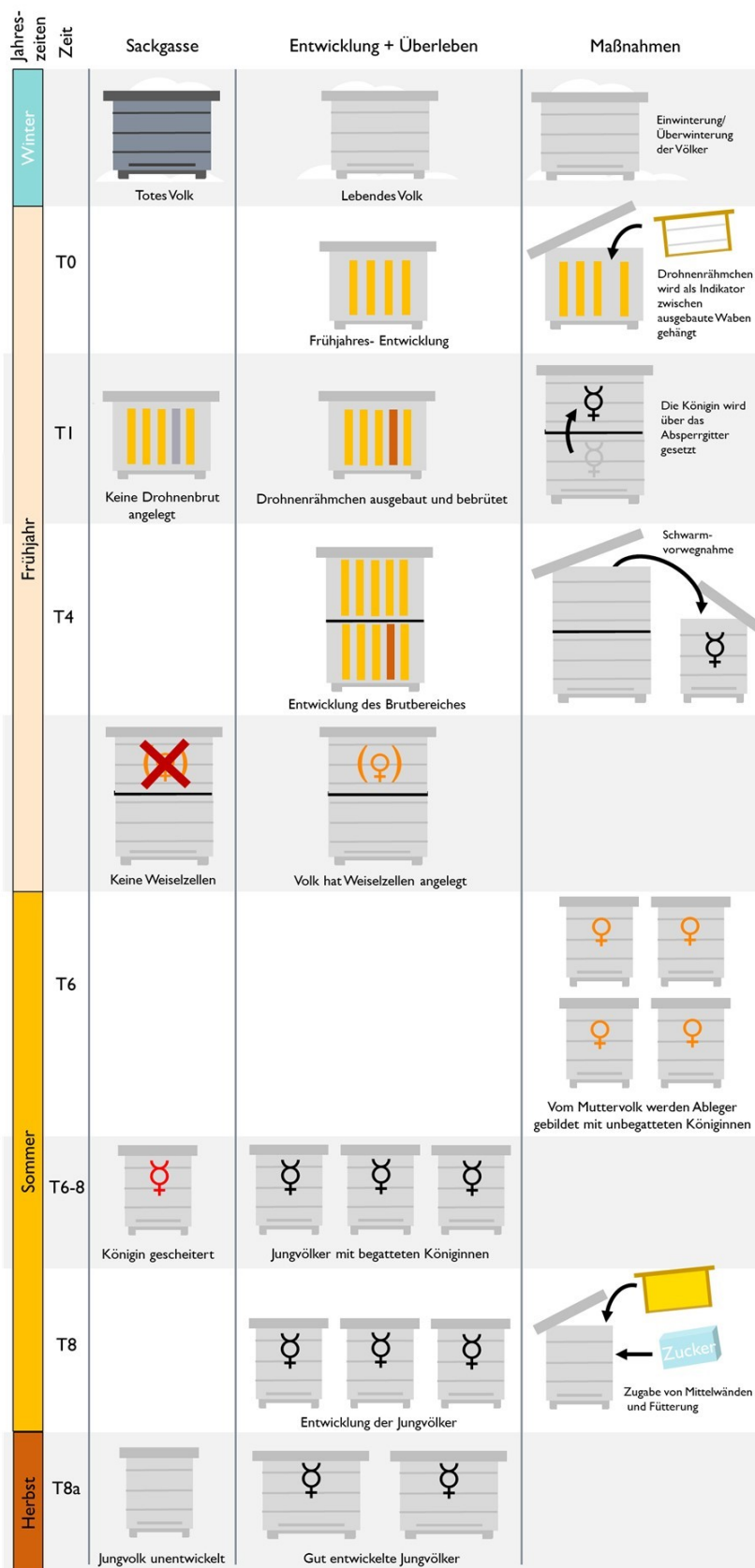
Perspektive

Neben der Tatsache, dass die Methode zu mehr Varroa-Resistenz beitragen kann, gibt es weitere Vorteile:

- Es funktioniert ziemlich schnell (viel schneller als die traditionelle Selektion und Zucht)
- Sie kann Mechanismen aufdecken, die in der Natur gegen Varroa wirken (wir gehen nicht davon aus, dass es ein einzelnes, 'bestes' Merkmal gibt), so dass wir von diesen Bienenpopulationen viel lernen können (siehe auch den 2. Artikel, unten).
- Da **rein lokal gearbeitet** wird, wird dazu beigetragen, dass weniger Bienen (Königinnen, Belegstellen) verschickt werden und somit die **Gefahr eingedämmt wird, Krankheiten einzuschleppen und zu verbreiten**.
- Wenn diese Strategie angewendet wird, wird sie dazu beitragen, die genetische Vielfalt unserer Honigbienen zu erhöhen (**lokale Anpassung**).
- Schwärme aus diesem Programm werden leichter "in der freien Natur" überleben können, was dazu beitragen kann, dass wild lebende Honigbienen wieder ein Teil unserer Natur und Lebenswelt werden.

Es gibt auch einige mögliche Einschränkungen zu beachten: In den ersten Jahren wird es Schäden durch die Varroa-Milbe geben. Es gibt jedoch verschiedene Möglichkeiten, sie zu begrenzen: Völker, die nicht gut genug sind, müssen nicht zugrunde gehen, Sie können sie rechtzeitig aus der Auswahl herausnehmen und die Varroa - Milben bekämpfen (sie dürfen dann allerdings nicht mehr in der Selektionsgruppe teilnehmen!). Um den Schaden zu begrenzen, ist es auch klug, dies nur mit einem kleinen Teil Ihrer Völker zu tun. In Ihrem normalen Bienenstand werden Sie die Varroa-Milben vorerst weiter bekämpfen. Es kann auch sein, dass Sie so viele Jungvölker herausfallen lassen

müssen, dass die Basis zu schmal wird (Inzucht). Wenn das passiert, könnten Sie das kompensieren, indem Sie von Zeit zu Zeit neue Jungvölker in das Schema einfügen.



Schließlich – ein Ausblick

Die Anwendung dieses Programms garantiert nicht, dass Sie eine 100%ige Resistenz gegen die Varroa-Milbe erhalten, im Gegenteil: Varroa bleibt, und sie bleibt schädlich. Wir versprechen kein sorgenfreies Leben nach dem Einstieg, wie vielleicht andere.

Aber wenn Sie es anwenden, tun Sie es in dem Wissen, dass am Ende die richtigen Strategien gewählt werden, weil es die Natur ist, welche die Auswahl trifft.

Artikel 2:

Honey bee predisposition of resistance to ubiquitous mite infestations, übersetzt:

„**Honigbienen-Prädisposition der Resistenz gegen ubiquitären Milbenbefall**“ Bart Broeckx, Lina de Smet, Tjeerd Blacquièere, Kevin Maebe, Mikalaï Khalenkow, Mario van Poucke, Bjorn Dahle, Peter Neumann, Kim Bach Nguyen, Guy Smaghe, Dieter Deforce, Filip van Nieuwerburgh, Luc Peelman & Dirk de Graaf, Nature Scientific Reports <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44254-8>

In den vorigen Abschnitten wird beschrieben, dass durch die Black-Box - Strategie Selektionsmechanismen herausgefiltert werden, die zur Resistenz oder zur Toleranz gegenüber der Varroa - Milbe beitragen.

Was wir dort beschreiben, ist das Zwischenergebnis eines zehn Jahre langen Weges: Wir wissen jetzt etwas über einige Eigenschaften, die unsere Honigbienen mitbringen, und einige wenige, die sie nicht mitbringen (zumindest nicht in unseren Bienenvölkern).

Wir wissen jetzt, dass das Varroa Sensitive Hygienic Behaviour (VSH) in unserer 'Dune Selection' (Anm.: Wasserdünen Population) verstärkt zu finden ist (veröffentlicht, Panziera et al., 2017), aber das Grooming hat sich nicht verbessert (Kruitwagen et al., 2017).

Wir wissen auch, dass die Vermehrung der Milben in der Brut (Arbeiterbrut und Drohnenbrut) gehemmt wurde: manchmal vermehren sie sich überhaupt nicht, manchmal weniger (weniger Töchter).

Die Studie der Kollegen von Gent betrachtete die Eigenschaft der Nicht-Reproduktion der Varroa - Milben (Nicht-Reproduktion/Unfruchtbarkeit).

Und dabei gingen sie noch einen Schritt weiter: mit Hilfe der Erbanlagen der Drohnen konnten sie den Ort in den Erbanlagen identifizieren, an dem der genetische Code verändert ist, der gekoppelt ist mit der Nicht-Reproduktion der Milben.

Die **NON-Reproduktion oder Unfruchtbarkeit der Milben** wird wahrscheinlich durch bestimmte Substanzen aus der Puppe verursacht, die die Reproduktion der Milbenmutter unterbrechen, oder es sind Stoffe enthalten, die die Reproduktion bremsen.

Das funktioniert bei Arbeiterinnenpuppen und auch bei Drohnenpuppen. Der Vorteil bei den Drohnenpuppen ist, dass sie jeweils nur ein Chromosom haben (sie haben ihren Erbcodex nur in der Einzahl, die Arbeiterinnen haben es in doppelter Ausführung), so dass eine Nicht-Reproduktion von Milben 1 zu 1 mit dem Allel "minus" des Gens 'Repro' gekoppelt ist, umgekehrt ist die erfolgreiche Reproduktion mit dem Allel "plus" des Gens 'Repro' gekoppelt (aus der Schule: das Gen 'Augenfarbe', und die Allele 'blau' und 'braun').

Wollen wir bei den Arbeiterinnen auch Non-Repro sehen, dann müsste die Arbeiterin ein „minus-minus“ haben, diese Chance ist viel kleiner als ein einfaches „minus“ bei den Drohnen.

Vorgehensweise

Die Forscher nahmen jungfräuliche Königinnen aus Selektionen, von denen sie bereits wussten, dass eine gewisse Resistenz gegen Varroa vorlag: eine Linie aus Kapellen, Belgien (3), unsere aus den Amsterdamer Wasserdünen (2), eine von einem Königinnenzüchter aus Toulouse (4) und eine aus der Region Østlandet in Norwegen (1), sowie zur Kontrolle eine Königin der 'gewöhnlichen' (nicht resistenten) Völker von Gent, Belgien (5) (siehe Abbildung unten). Diese Königinnen wurden begattet mit jeweils einem Drohn der Genter Bienen. Aus dieser ersten Generation Königinnen (F1) wurden sofort wieder Tochterköniginnen gezogen (F2), die wieder mit nicht resistenten Drohnen aus Gent gepaart wurden (siehe Abbildung, Herkunft 5). Das Praktische daran ist: wenn man die Drohnen der Völker dieser F2-Königinnen untersucht, haben sie entweder die Variante der "Oma" (die erste Königin, resistent) oder die Variante des "Opa" (die erste Drohne, nicht resistent). Sie haben dann untersucht, in wie vielen der Drohnzellen eine Varroa-Milbe Reproduktion stattfand, und in wie vielen nicht: Nicht-Reproduktion war am höchsten in den Drohnen der Amsterdamer Wasserdünen, auch bei den französischen und norwegischen Bienen war Nicht-Reproduktion verstärkt zu beobachten, aber nicht bei den belgischen (Abbildung C).

In der Folge war es möglich, die Drohnen mit Nicht-Reproduktions-Genen untereinander zu vergleichen, in Bezug auf den Gencode.

Unterschiede zwischen den Repro-Drohnen und den Nicht-Repro-Drohnen können möglicherweise eine Erklärung dafür geben, welche Mechanismen entscheidend sind für die Hemmung der Reproduktion der Milben. Für Erforschung der Gencodes wurde hier 'whole exome sequencing' (die Sequenzierung ganzer Exome) kombiniert mit einer sehr fortschrittlichen mathematischen Analyse.

Es scheint, dass die veränderten Eigenschaften mit dem Einfluss chemischer, pheromonischer Substanzen aus der Puppe, die die Eiablage der Milbe steuern, verbunden sind.

Es wurde auch geprüft, ob die Milben vielleicht anders waren, aber dafür wurden keine Hinweise gefunden, es sind also wirklich die Eigenschaften der Bienen.

Immerhin:

Die Autoren dieser Studie behaupten, dass die gefundenen Genveränderungen als erbliche Marker bei der gezielten Selektion genutzt werden könnten.

Persönlich sehe ich den Mehrwert vor allem im besseren Verständnis, wie (diese) Resistenz gegen Varroa funktioniert. Schön ist außerdem, dass die Bienen (hier) nichts weiter tun müssen, wenn man bedenkt, dass die Amsterdamer Wasserdünen-Bienen aus den Niederlanden bereits ein Maximum der Non-Repro- Eigenschaften aufweisen (s. Abb. Unten, grün markiert).

Wir hatten bereits zuvor gesehen, dass sie auch ein erhöhtes Varroa-sensitives Hygieneverhalten (VSH) haben.

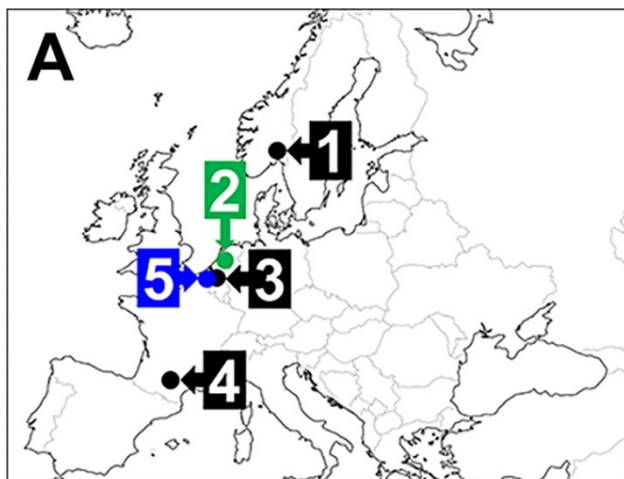
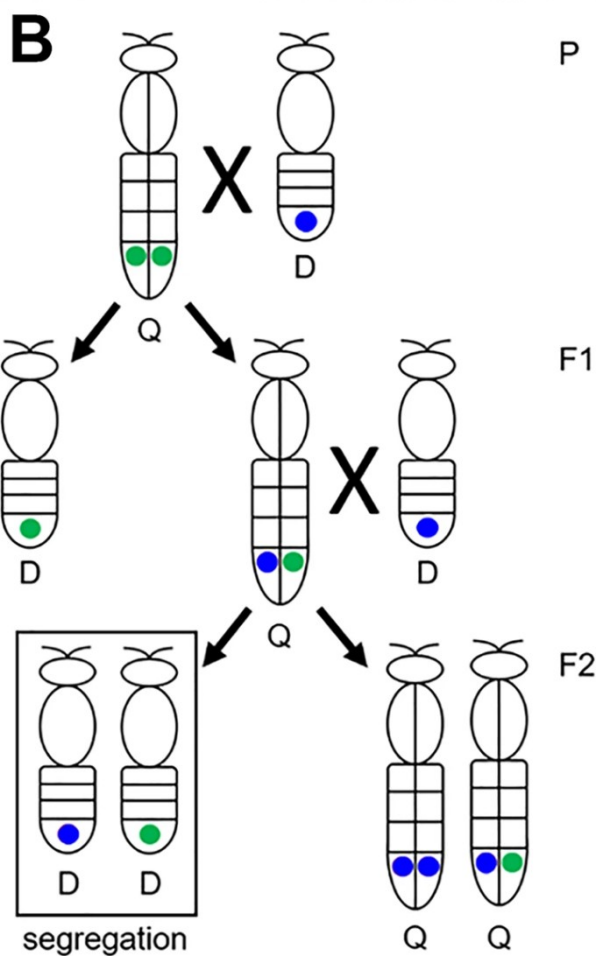


Abbildung 2, entnommen aus Broeckx et al. 2019

A: Herkunft der Königinnen



P B: Kreuzungsschema der Königinnen und Drohnen

grünes Allel: resistent

blaues Allel: nicht resistent

C: Prozentsatz der Nicht-Repro-Milben in Bezug auf die Drohnen

Ursprung 1-5 sind die gleichen wie in Abb. A

Professor Dirk de Graaf erläutert diese Forschung in diesem Video:
<https://www.honeybeevalley.eu/newsflash/genetische-aanleg-van-resistentie-tegen-alomtegenwoordige-mijtziekte-bij-honingbijen-gekraakt-door-urgent-onderzoekers>

