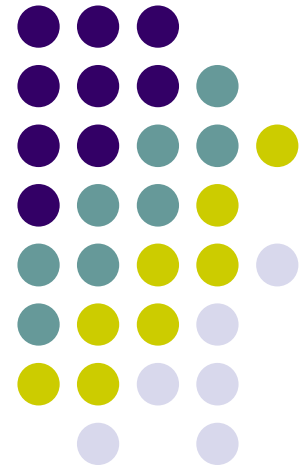


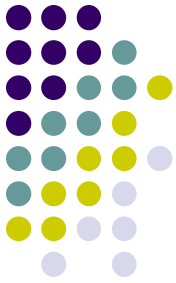
Angulare Vergrößerung

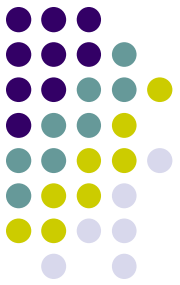
Grundlagen der Optik, Kapitel 21



Transversale Vergrößerung

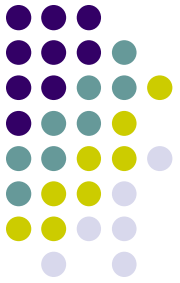
- Doch lassen Sie uns zunächst einige Fakten zur *transversalen* Vergrößerung in Erinnerung rufen...





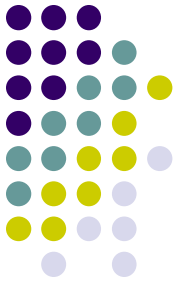
Transversale Vergrößerung

- Doch lassen Sie uns zunächst einige Fakten zur *transversalen* Vergrößerung in Erinnerung rufen...
 - Die transversale Vergrößerung bezieht sich auf die tatsächlichen Größen von Bildern und Objekten, **nicht** darauf, wie sie einem Betrachter erscheinen
 - Wie groß sie *sind*, nicht wie groß sie *wirken*



Transversale Vergrößerung

Doch wie verhält es sich mit Objekten und Bildern, die sich im
im Unendlichen befinden



Transversale Vergrößerung

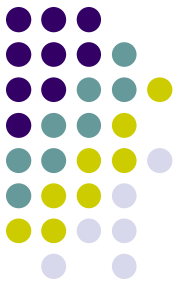
Transversale Vergrößerung =

$$\frac{\text{Bildhöhe}}{\text{Objekthöhe}}$$

=

$$\frac{\text{Bildabstand } (v)}{\text{Objektabstand } (u)}$$

Aber was ist mit Objekten und Bildern, die sich im
im Unendlichen befinden



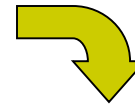
Transversale Vergrößerung

Transversale Vergrößerung =

$$\frac{\text{Bildhöhe}}{\text{Objekthöhe}} = ?$$

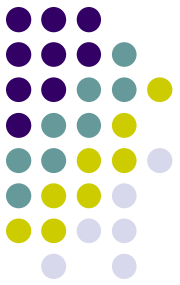
=

$$\frac{\text{Bildabstand } (v)}{\text{Objektabstand } (u)}$$



Wenn sich das Objekt also im Unendlichen befindet, dann ist die transversale Vergrößerung mathematisch *undefiniert* und nähert sich *Null*. (Hä?)

Aber was ist mit Objekten und Bildern, die sich im ***im Unendlichen befinden?***



Transversale Vergrößerung

Transversale Vergrößerung =

$$\frac{\text{Bildhöhe}}{\text{Objekthöhe}} = ?$$

=

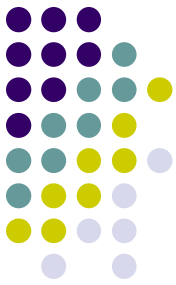
$$\frac{\text{Bildabstand } (v)}{\text{Objektabstand } (u)}$$

Ebenso gilt: Befindet sich das Bild im Unendlichen, dann ist die transversale *unendlich groß*. (Hä?)



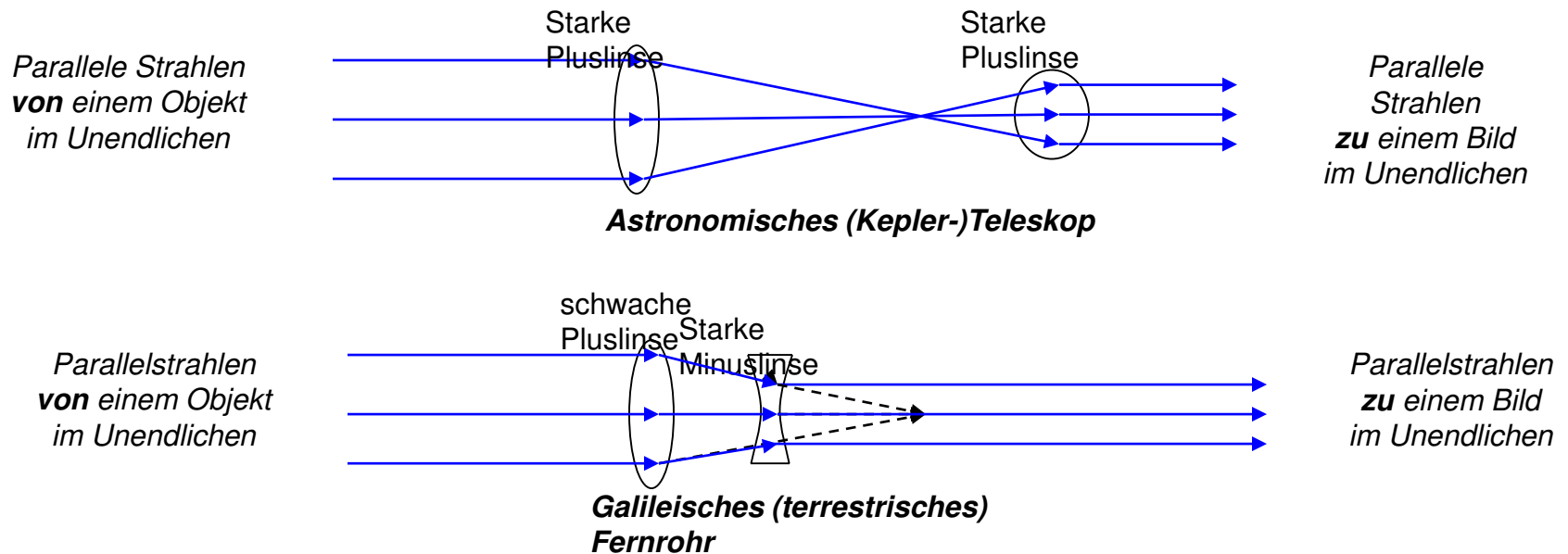
Wenn sich das Objekt also im Unendlichen befindet, dann ist die transversale Vergrößerung mathematisch *undefiniert* und nähert sich *Null*. (Hä?)

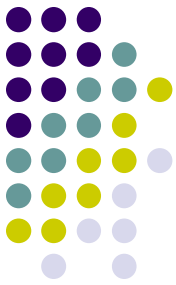
Aber was ist mit Objekten und Bildern, die sich im ***im Unendlichen befinden?***



Transversale Vergrößerung

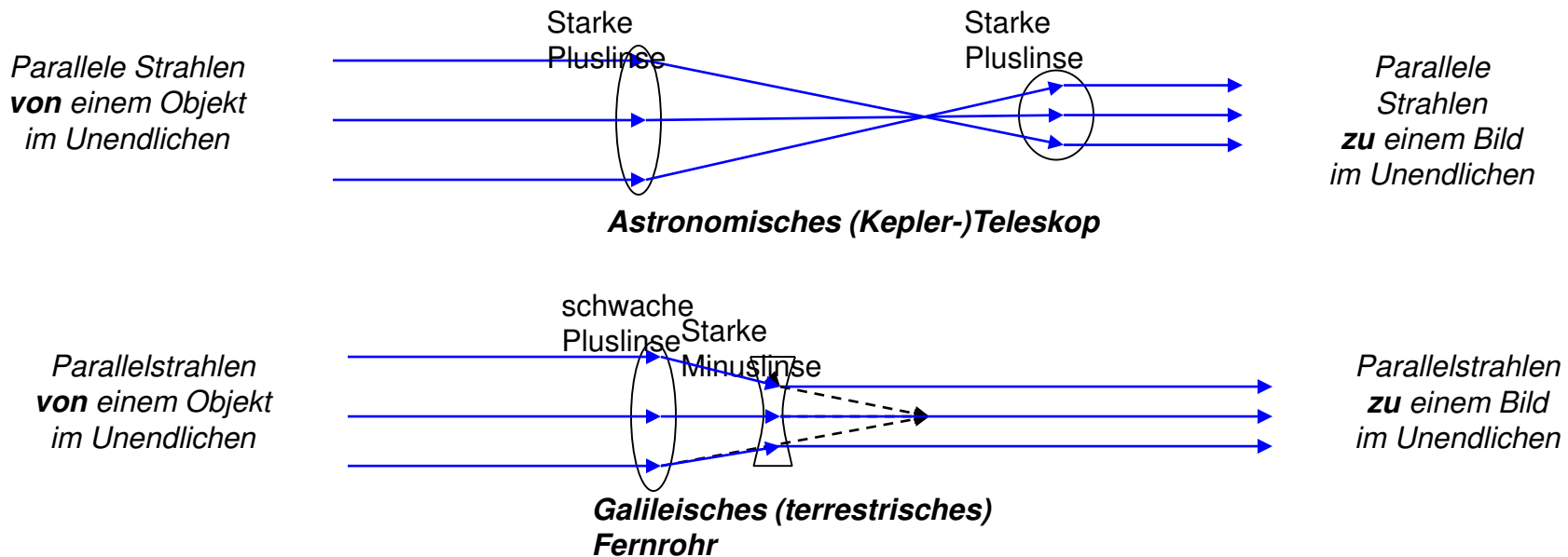
- Betrachten Sie darüber hinaus die Optik eines *afokalen Systems* (z. B. eines Teleskops)



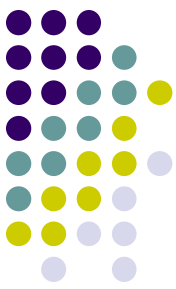


Transversale Vergrößerung

- Betrachten Sie darüber hinaus die Optik eines *afokalen Systems* (z. B. eines Teleskops)

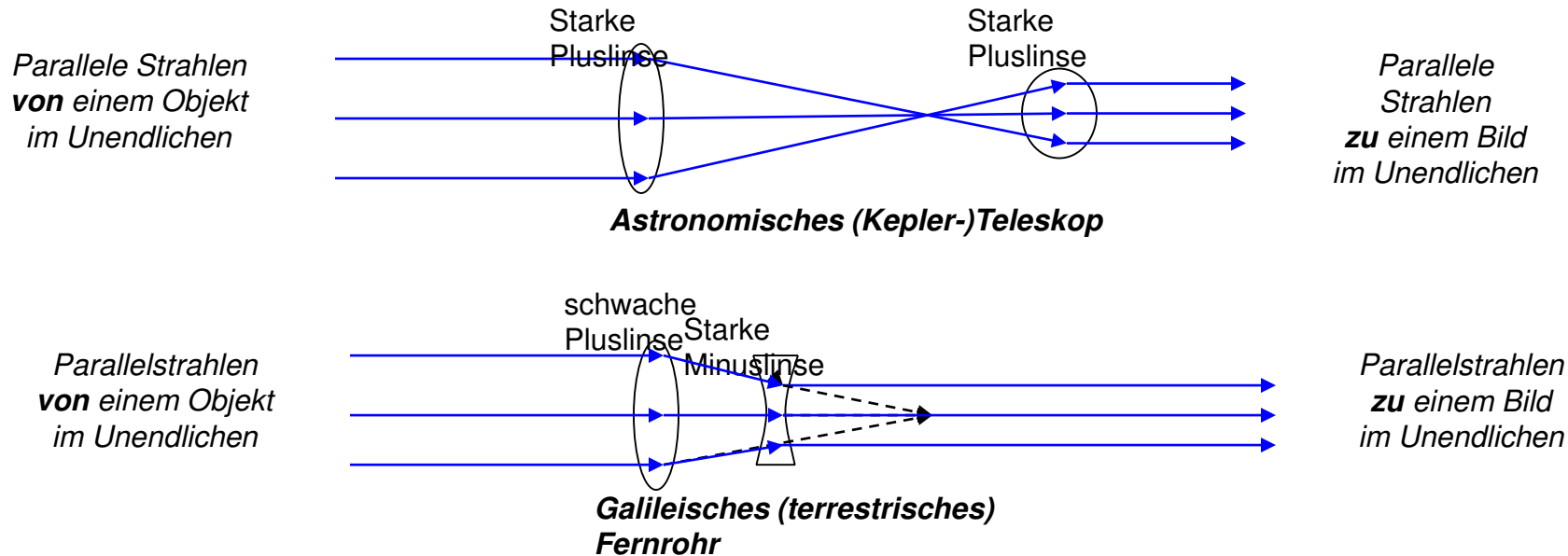


Beachten Sie, dass fokussierte Strahlen keine Rolle spielen – das heißt, dass Teleskope sowohl einfallende als auch ausgehende parallele (d. h. afokale) Strahlen aufweisen



Transversale Vergrößerung

- Betrachten Sie darüber hinaus die Optik eines *afokalen Systems* (z. B. eines Teleskops)

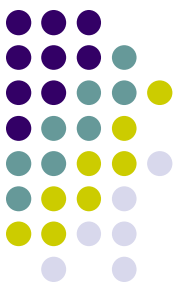


Bei Teleskopen scheint die transversale Vergrößerung wie folgt:

$\frac{\text{Bildabstand } (v)}{\text{Objektstand } (u)}$

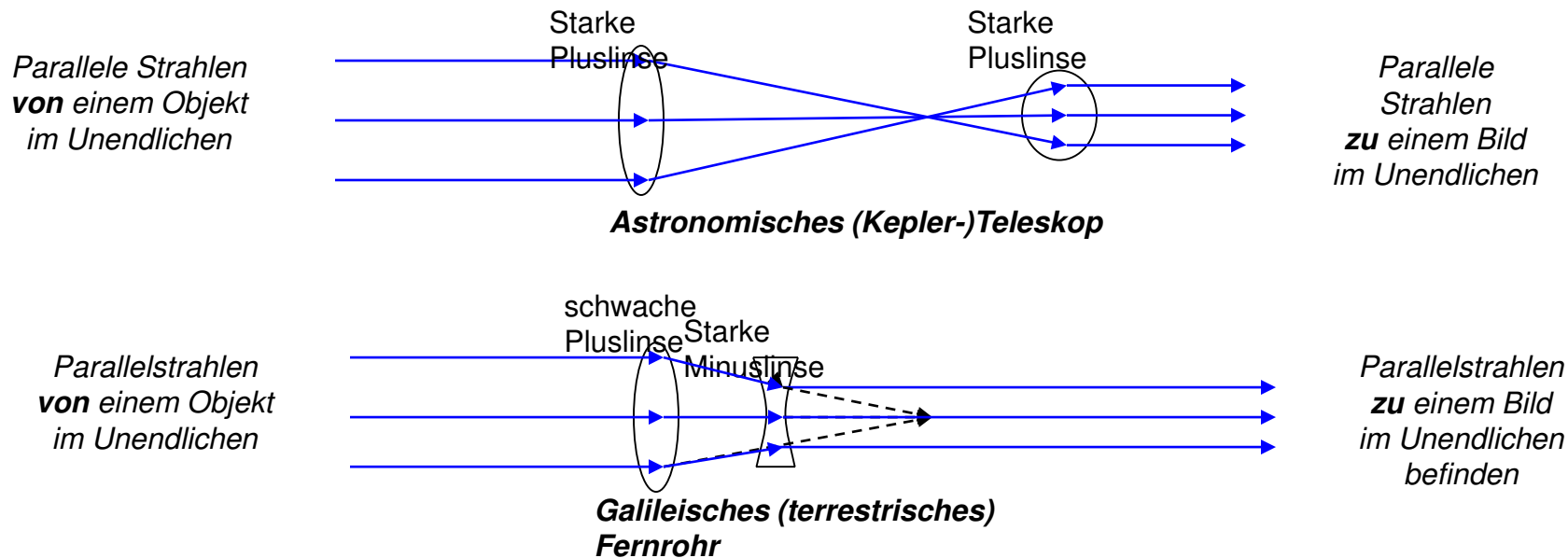
$$= \frac{\infty}{\infty} = 1,0$$

Mit anderen Worten: überhaupt keine Vergrößerung!



Transversale Vergrößerung

- Betrachten Sie darüber hinaus die Optik eines *afokalen Systems* (z. B. eines Teleskops)



Bei Teleskopen scheint die transversale Vergrößerung wie folgt:

$$\frac{\text{Bildabstand } (v)}{\text{Objektabstand } (u)}$$

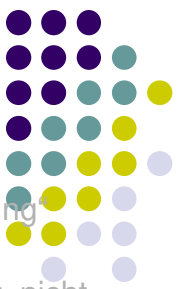
$$= \frac{\infty}{\infty} = 1,0$$

Was nützt ein Teleskop, das nicht vergrößert?



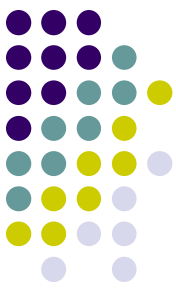
Transversale Vergrößerung

- Es ist offensichtlich, dass die transversale Vergrößerung nicht alle unsere „Anforderungen an die Vergrößerung“ erfüllen kann
- Wir benötigen zudem eine Maßeinheit, die die **scheinbaren** Größen von Objekten und Bildern berücksichtigt, nicht nur die **tatsächlichen** Größen



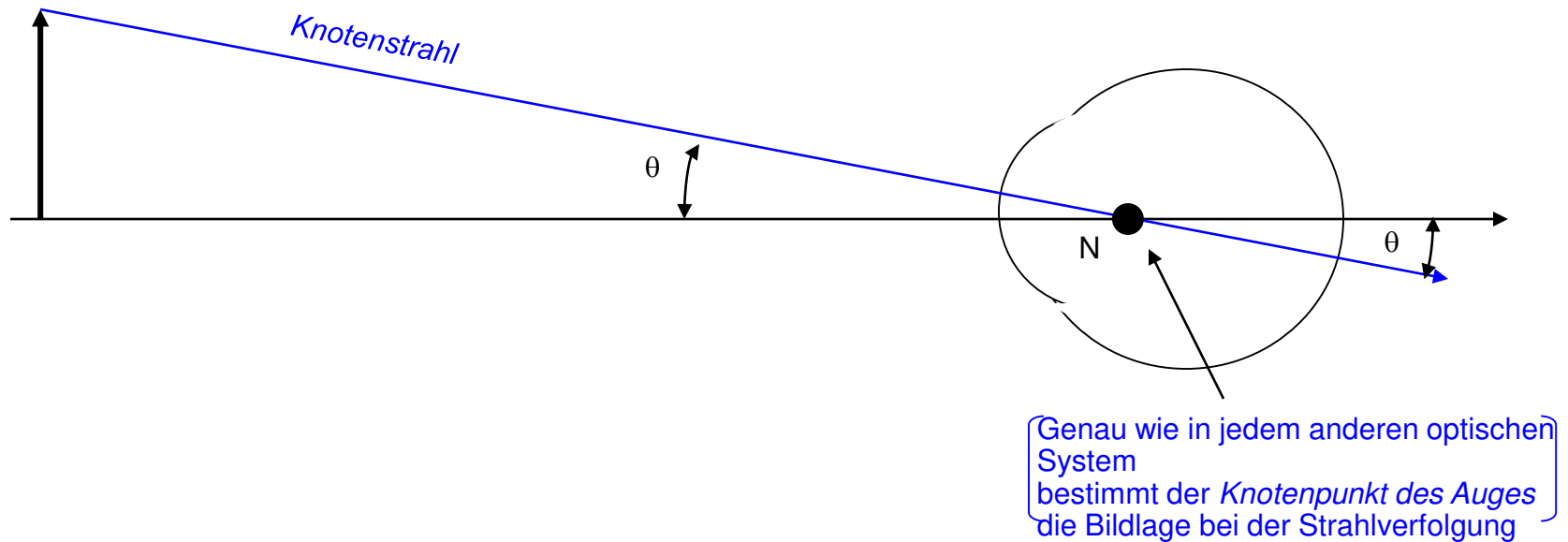
Angulare Vergrößerung

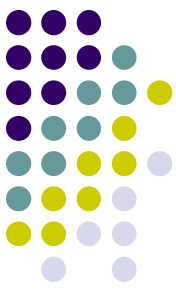
- Es ist offensichtlich, dass die transversale Vergrößerung nicht alle unsere „Anforderungen an die Vergrößerung“ erfüllen kann
- Wir benötigen zudem eine Maßeinheit, die die **scheinbaren** Größen von Objekten und Bildern berücksichtigt, nicht nur die **tatsächlichen** Größen
- Dieses Maß ist **die Angulare Vergrößerung**
 - Wie groß Objekte *wirken*, nicht wie groß sie *sind*



Angulare Vergrößerung

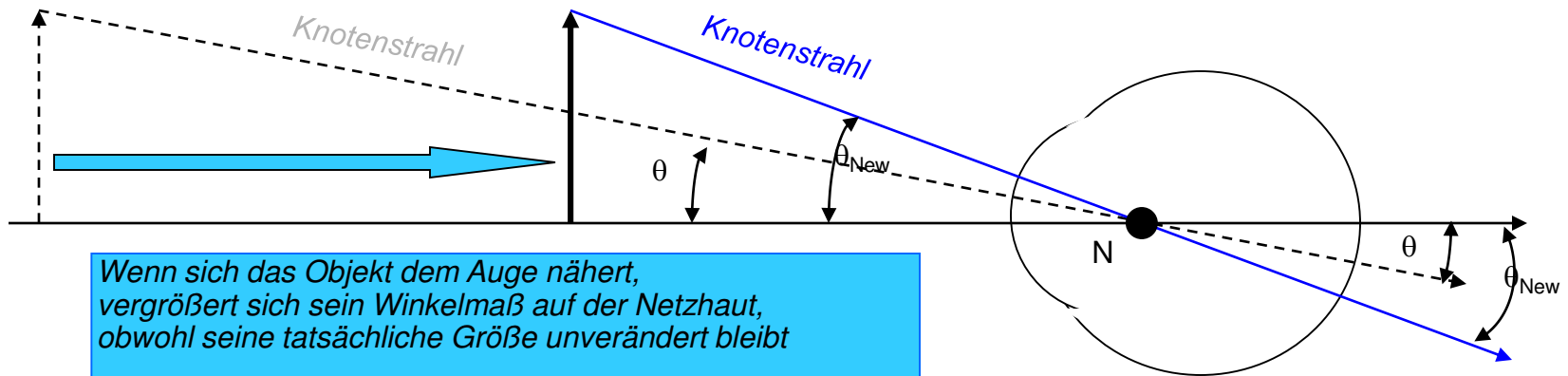
- Die *Winkelgröße* wird durch den Winkelbereich bestimmt, den ein Bild auf der Netzhaut einnimmt (θ)

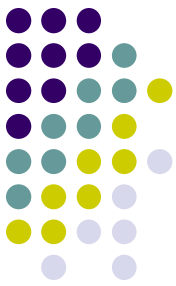




Angulare Vergrößerung

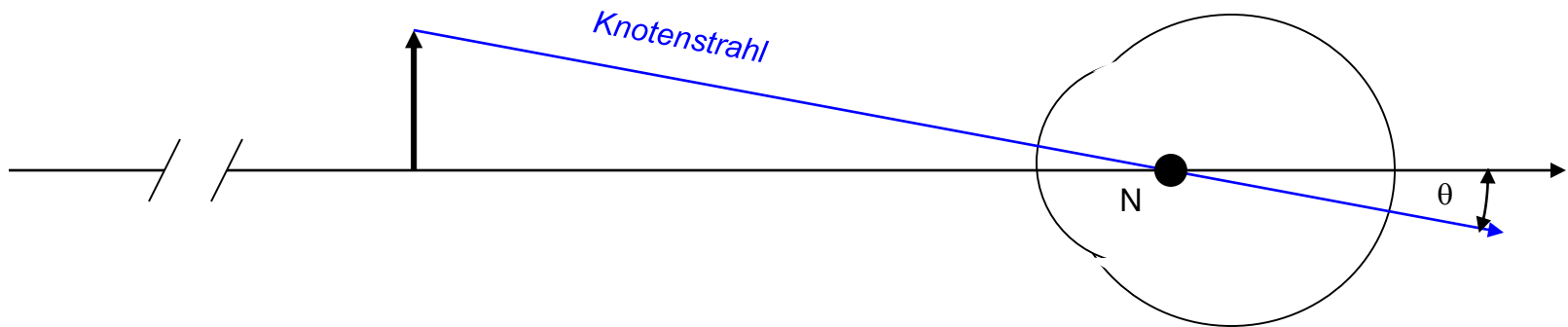
- Die *Winkelgröße* wird durch den Winkelbereich bestimmt, den ein Bild auf der Netzhaut einnimmt (θ)



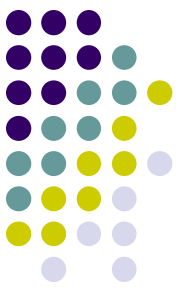


Angulare Vergrößerung

- Die *Winkelgröße* wird durch den Winkelbereich bestimmt, den ein Bild auf der Netzhaut einnimmt (θ)

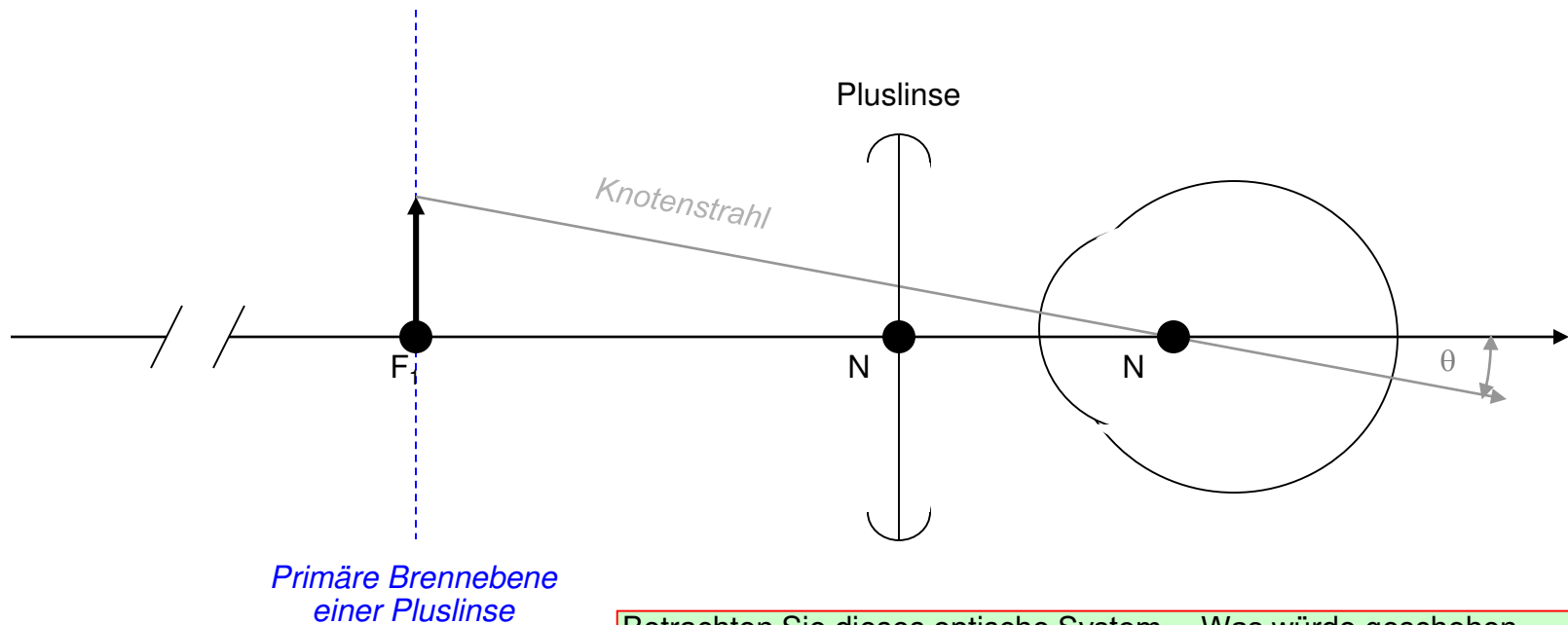


Betrachten Sie dieses optische System...

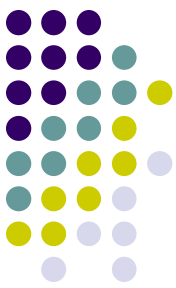


Angulare Vergrößerung

- Die *Winkelgröße* wird durch den Winkelbereich bestimmt, den ein Bild auf der Netzhaut einnimmt (θ)



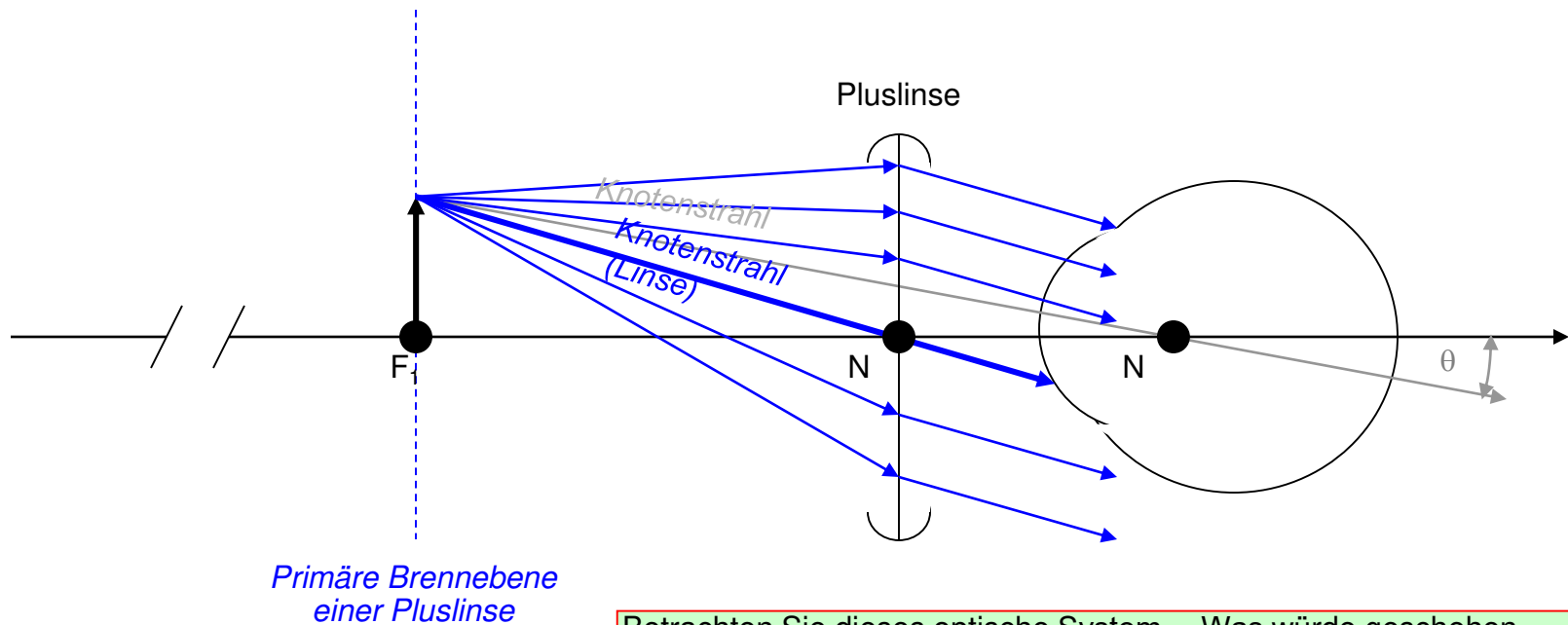
Betrachten Sie dieses optische System... Was würde geschehen, wenn wir eine **Pluslinse** so einsetzen würden, dass sich das Objekt in ihrer primären Brennebene befindet?



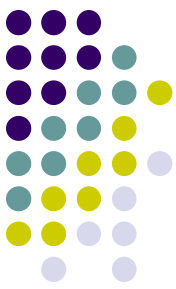
Angulare Vergrößerung

- Die *Winkelgröße* wird durch den Winkelbereich bestimmt, den ein Bild auf der Netzhaut einnimmt (θ)

Alle Strahlen verlassen die Linse parallel zum Knotenstrahl, und...



Betrachten Sie dieses optische System... Was würde geschehen, wenn wir eine **Pluslinse** so einsetzen würden, dass sich das Objekt in ihrer primären Brennebene befindet?

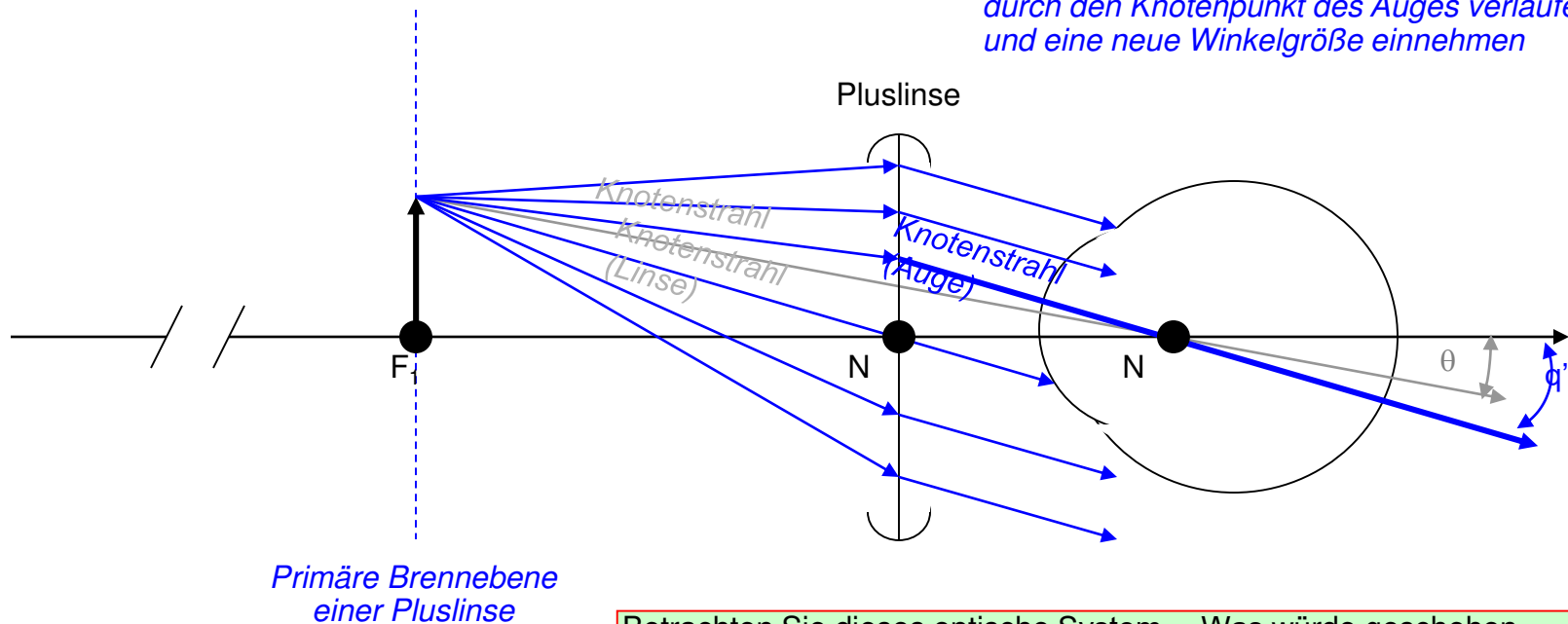


Angulare Vergrößerung

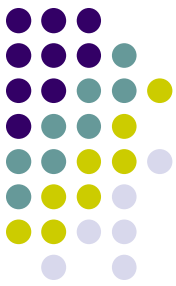
- Die *Winkelgröße* wird durch den Winkelbereich bestimmt, den ein Bild auf der Netzhaut einnimmt (θ)

Alle Strahlen verlassen die Linse parallel zum Knotenstrahl, und...

einer dieser Strahlen wird durch den Knotenpunkt des Auges verlaufen und eine neue Winkelgröße einnehmen

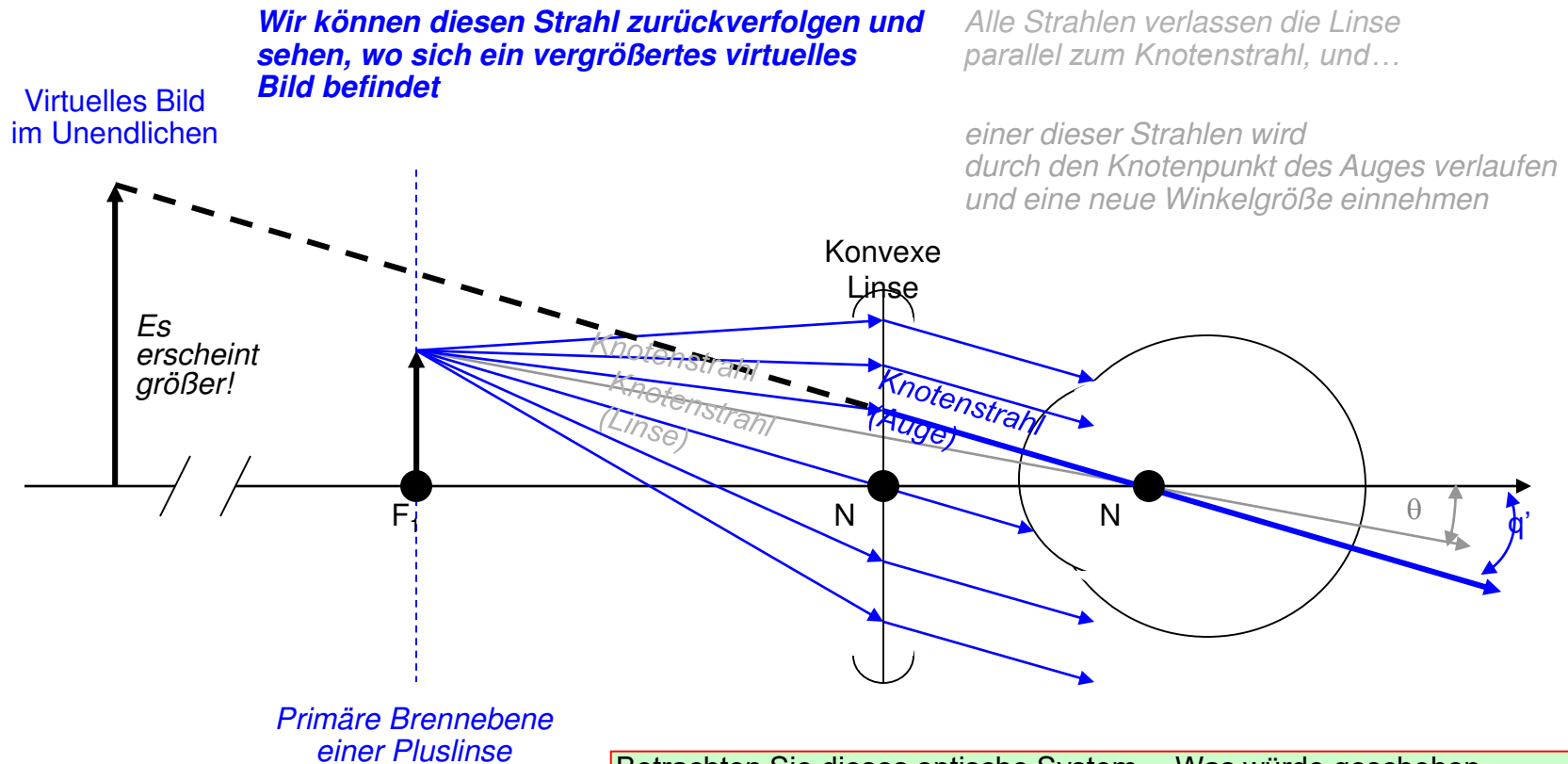


Betrachten Sie dieses optische System... Was würde geschehen, wenn wir eine **Pluslinse** so einsetzen würden, dass sich das Objekt in ihrer primären Brennebene befindet?

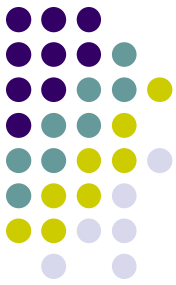


Angulare Vergrößerung

- Die *Winkelgröße* wird durch den Winkelbereich bestimmt, den ein Bild auf der Netzhaut einnimmt (θ)

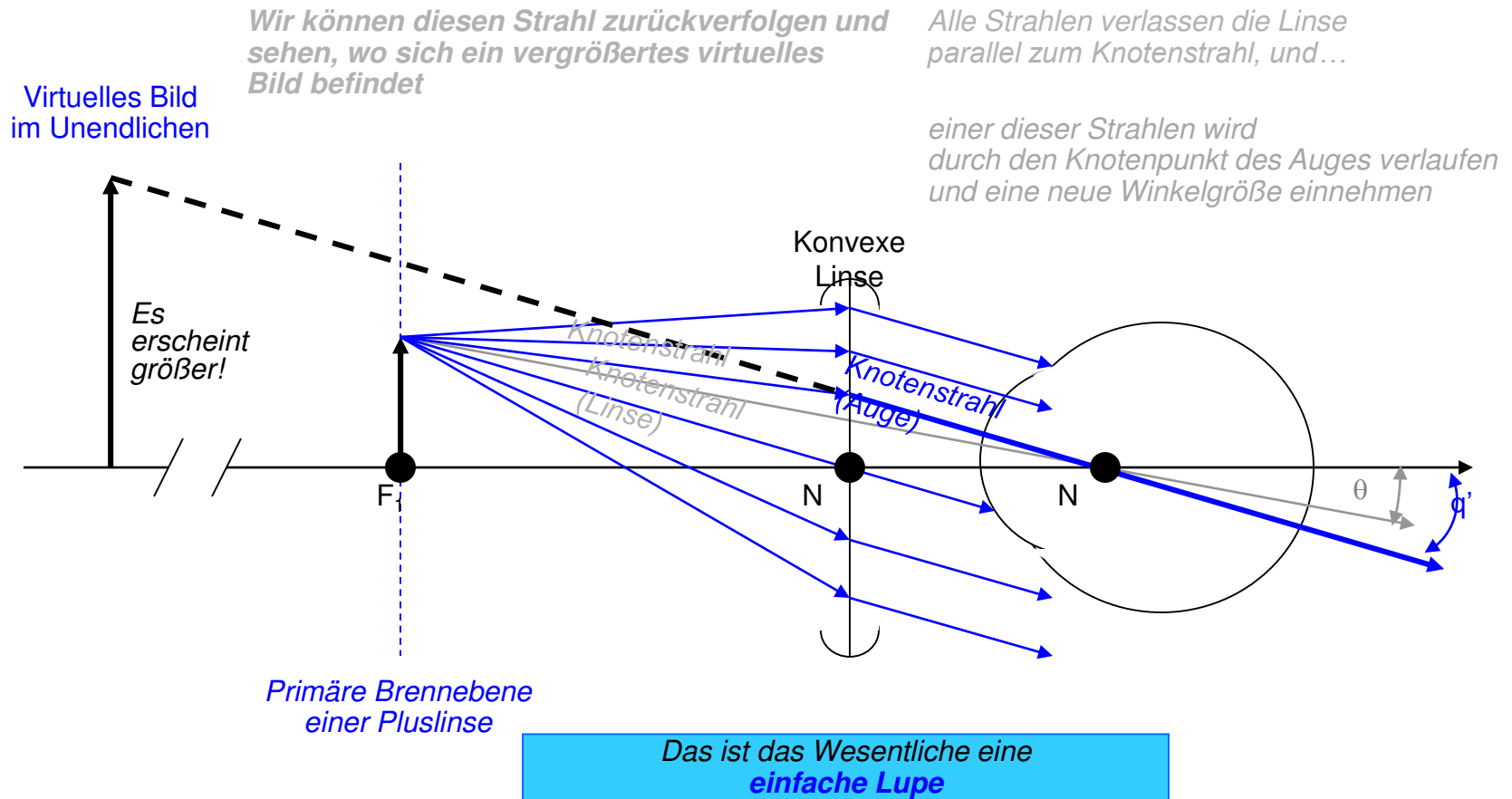


Betrachten Sie dieses optische System... Was würde geschehen, wenn wir eine **Pluslinse** so einsetzen würden, dass sich das Objekt in ihrer primären Brennebene liegt?

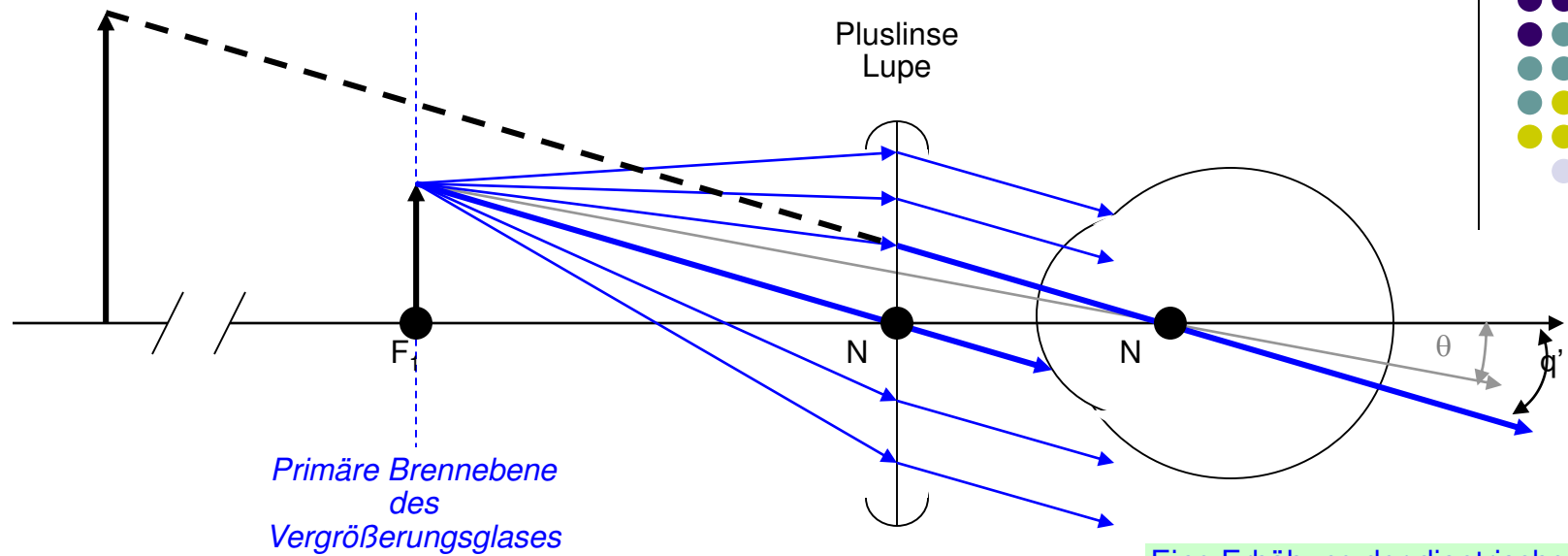


Angulare Vergrößerung

- Die *Winkelgröße* wird durch den Winkelbereich bestimmt, den ein Bild auf der Netzhaut einnimmt (θ)

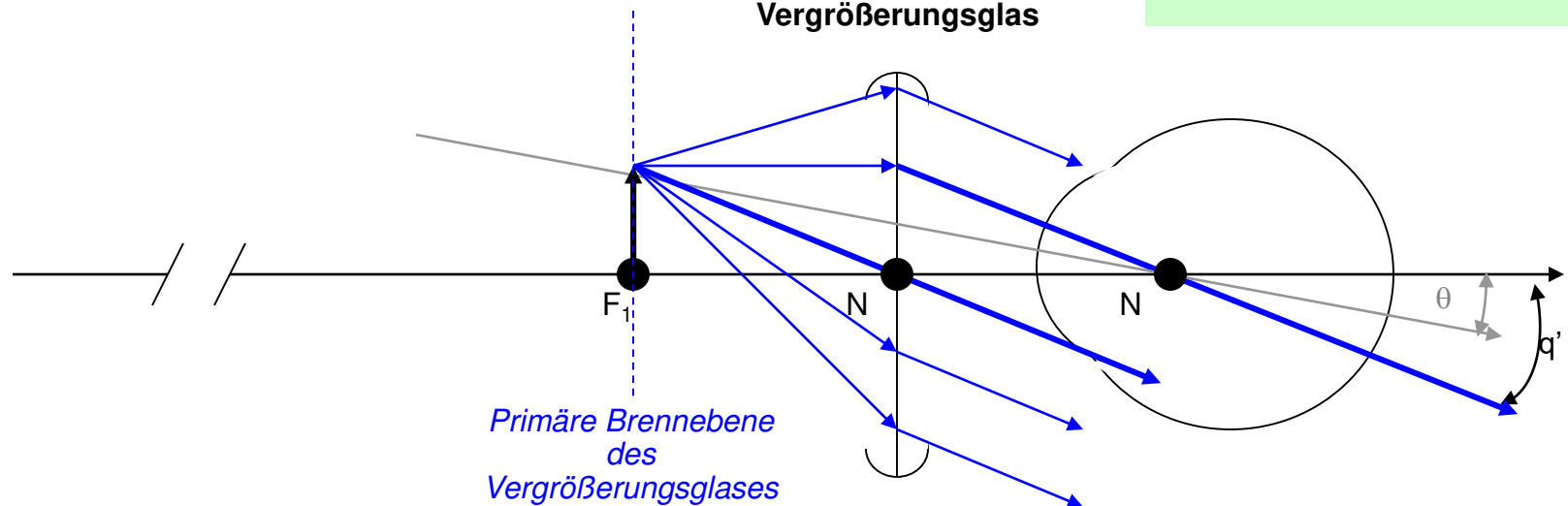


Virtuelles Bild
im Unendlichen

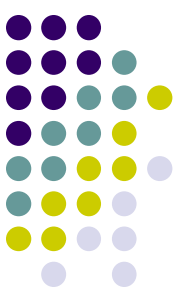
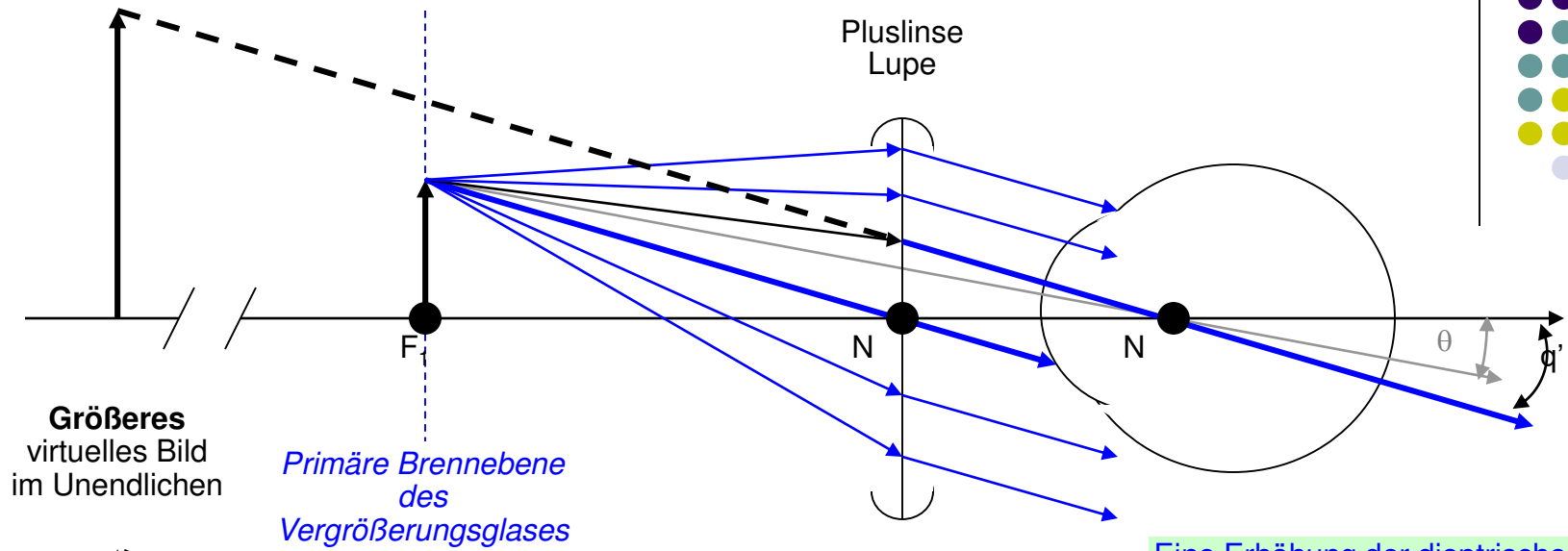


Eine Erhöhung der dioptrischen
Stärke der Pluslinse...

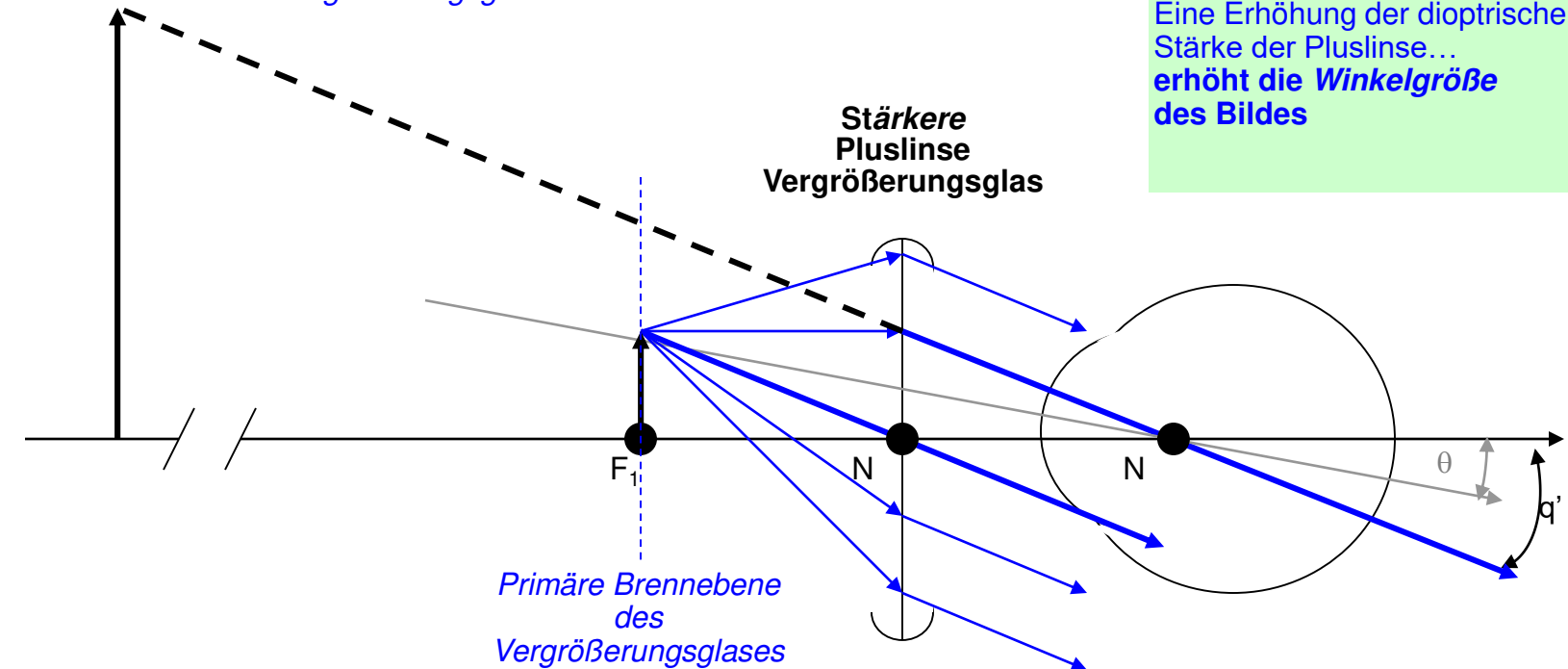
**Stärkere
Pluslinse
Vergrößerungsglas**



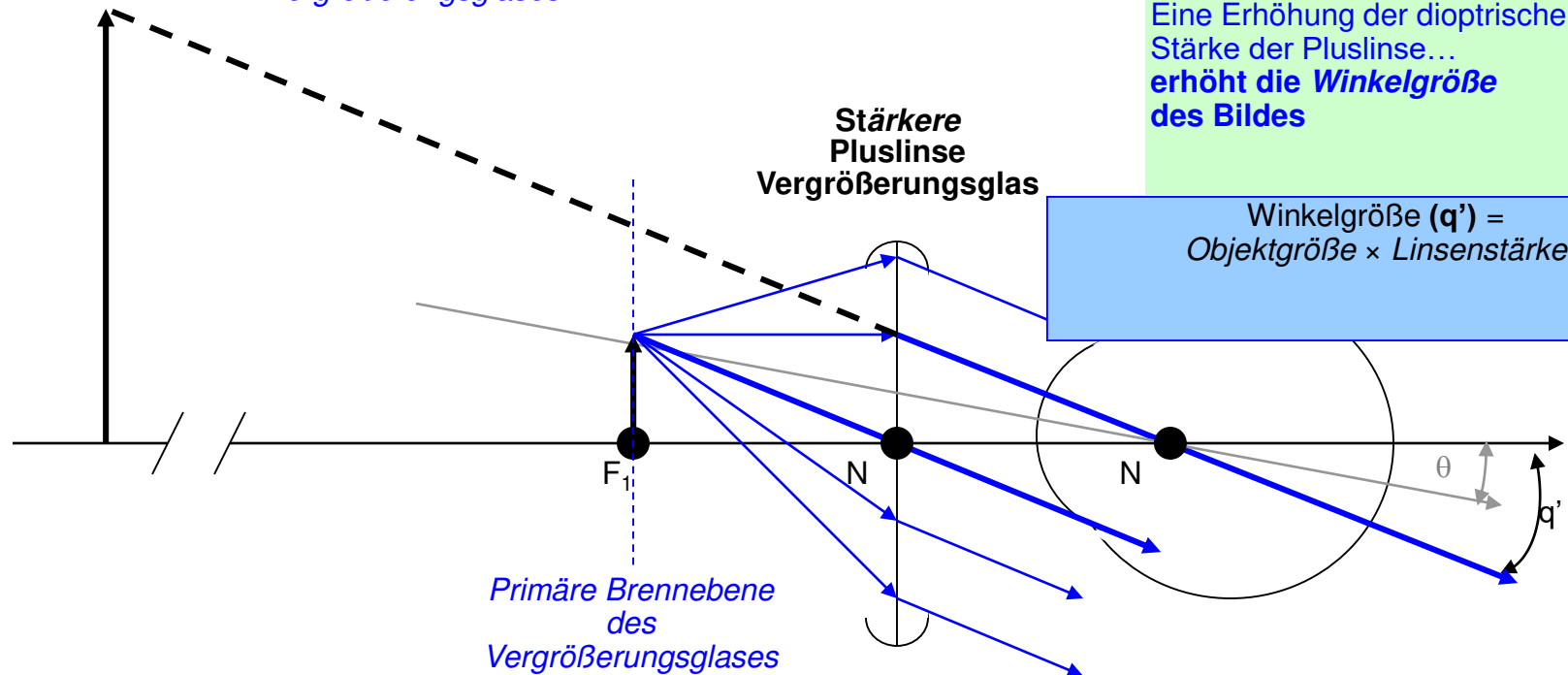
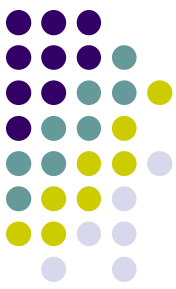
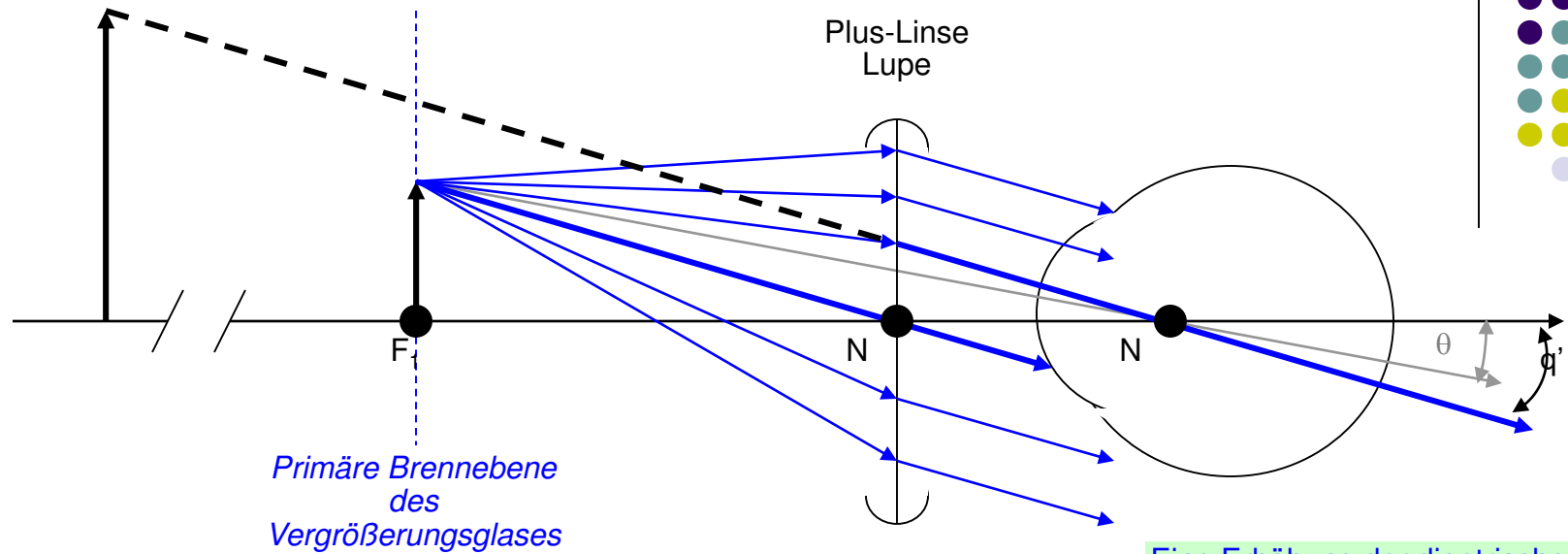
Virtuelles Bild
im Unendlichen



Eine Erhöhung der dioptrischen
Stärke der Pluslinse...
**erhöht die Winkelgröße
des Bildes**

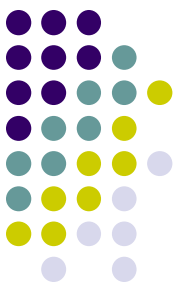


Virtuelles Bild
im Unendlichen



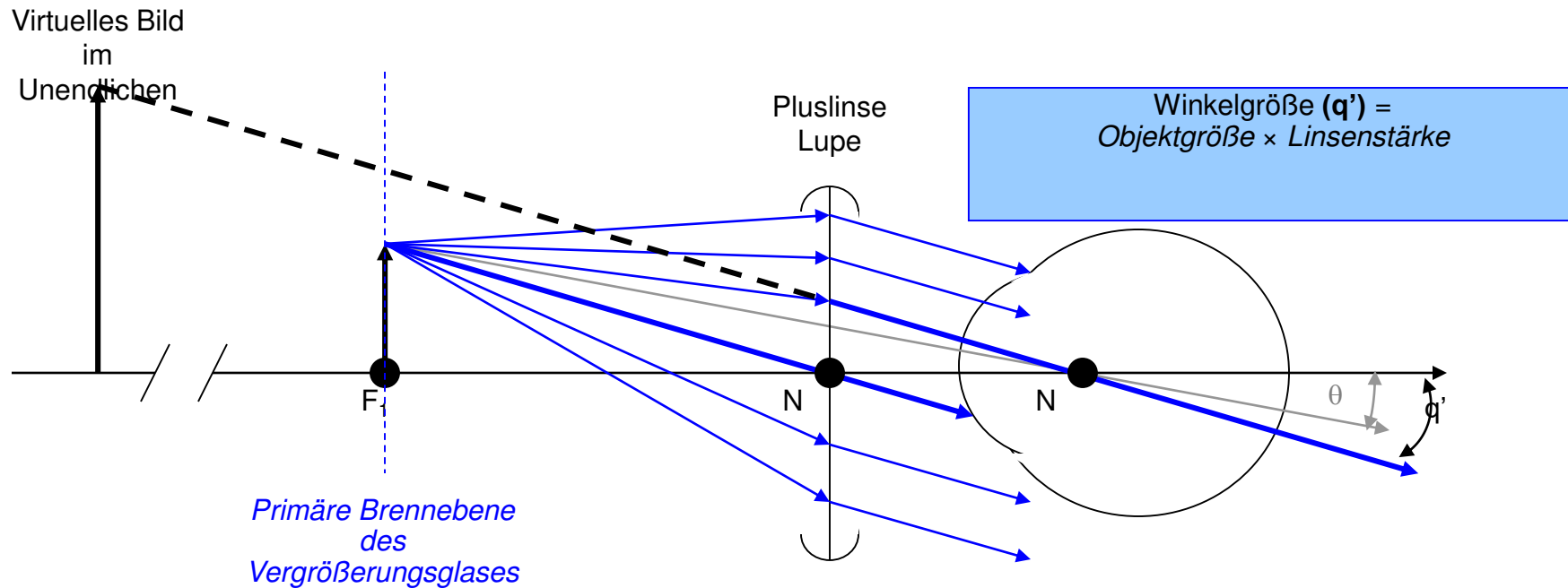
Eine Erhöhung der dioptrischen
Stärke der Pluslinse...
**erhöht die Winkelgröße
des Bildes**

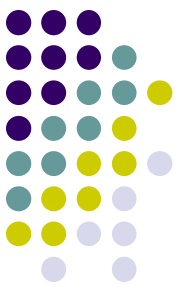
$$\text{Winkelgröße } (q') = \text{Objektgröße} \times \text{Linsenstärke}$$



Angulare Vergrößerung

- Die Winkelgröße wird also durch den Winkelbereich bestimmt, den ein Bild auf der Netzhaut einnimmt (θ)
 - Was, wie wir gerade gesehen haben, eine Funktion der **Objektgröße** und **der Linsenstärke** ist

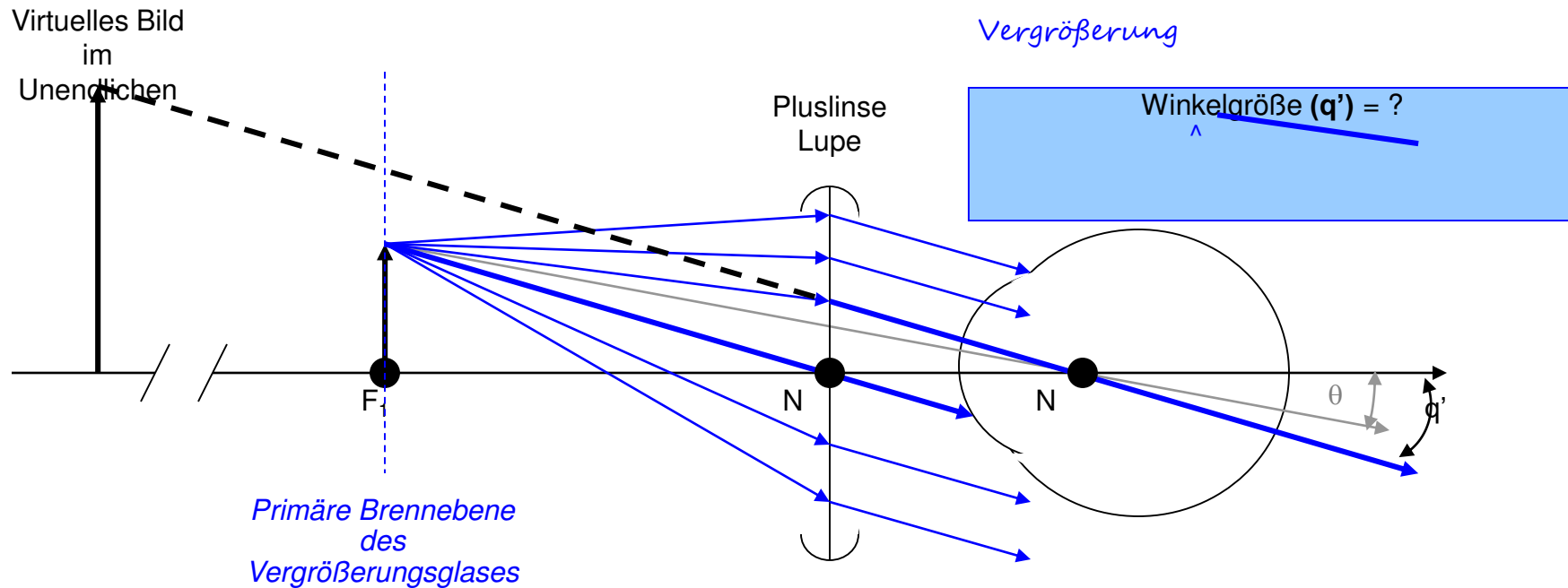


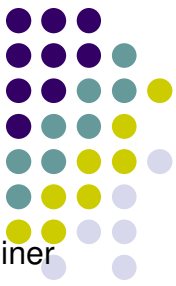


Angulare Vergrößerung

- Aber wie verhält es sich mit der Angulare Vergrößerung?

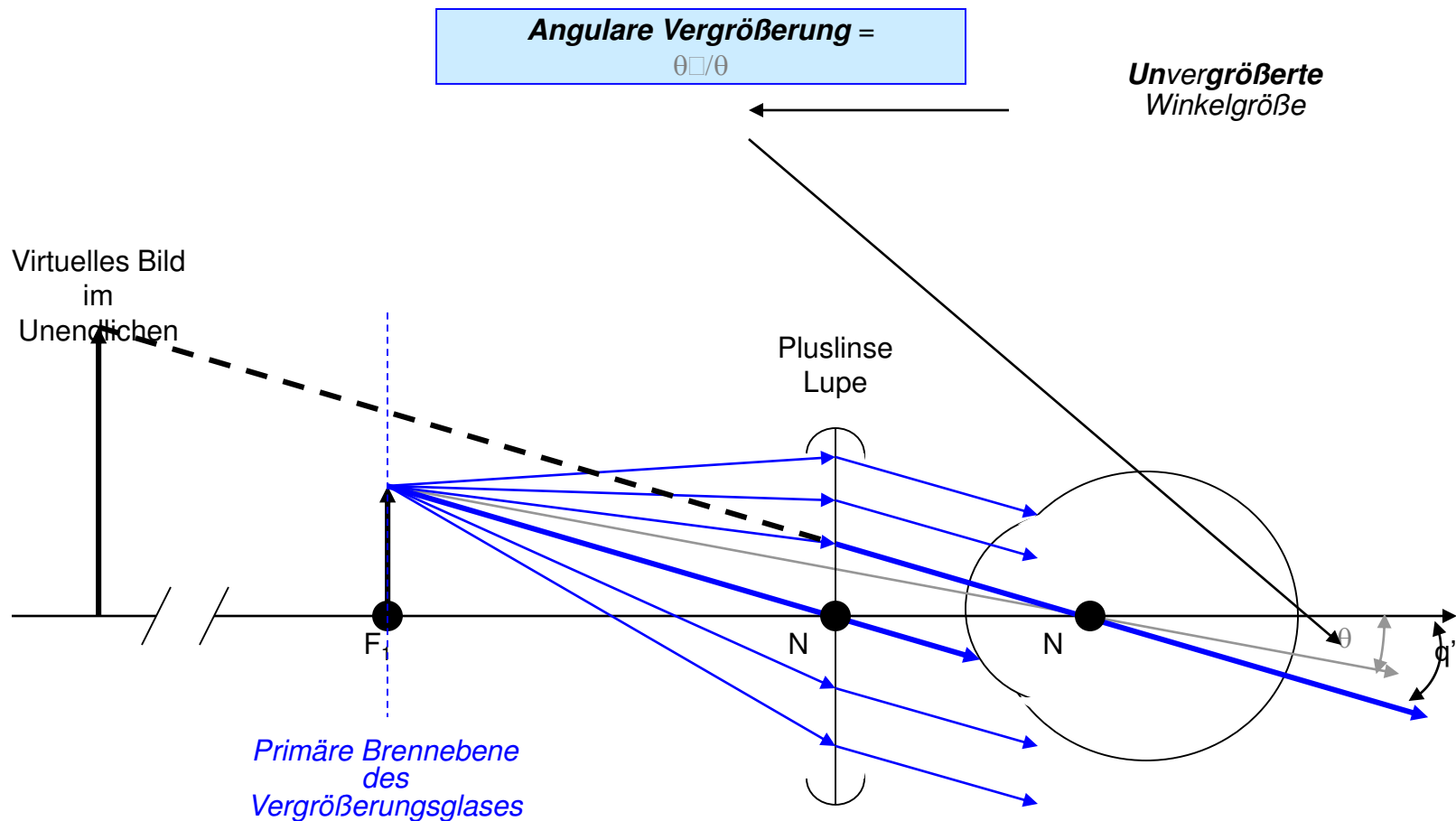
(Beachten Sie: Größe und Vergrößerung sind nicht dasselbe!)

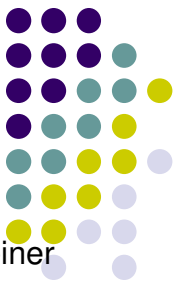




Angulare Vergrößerung

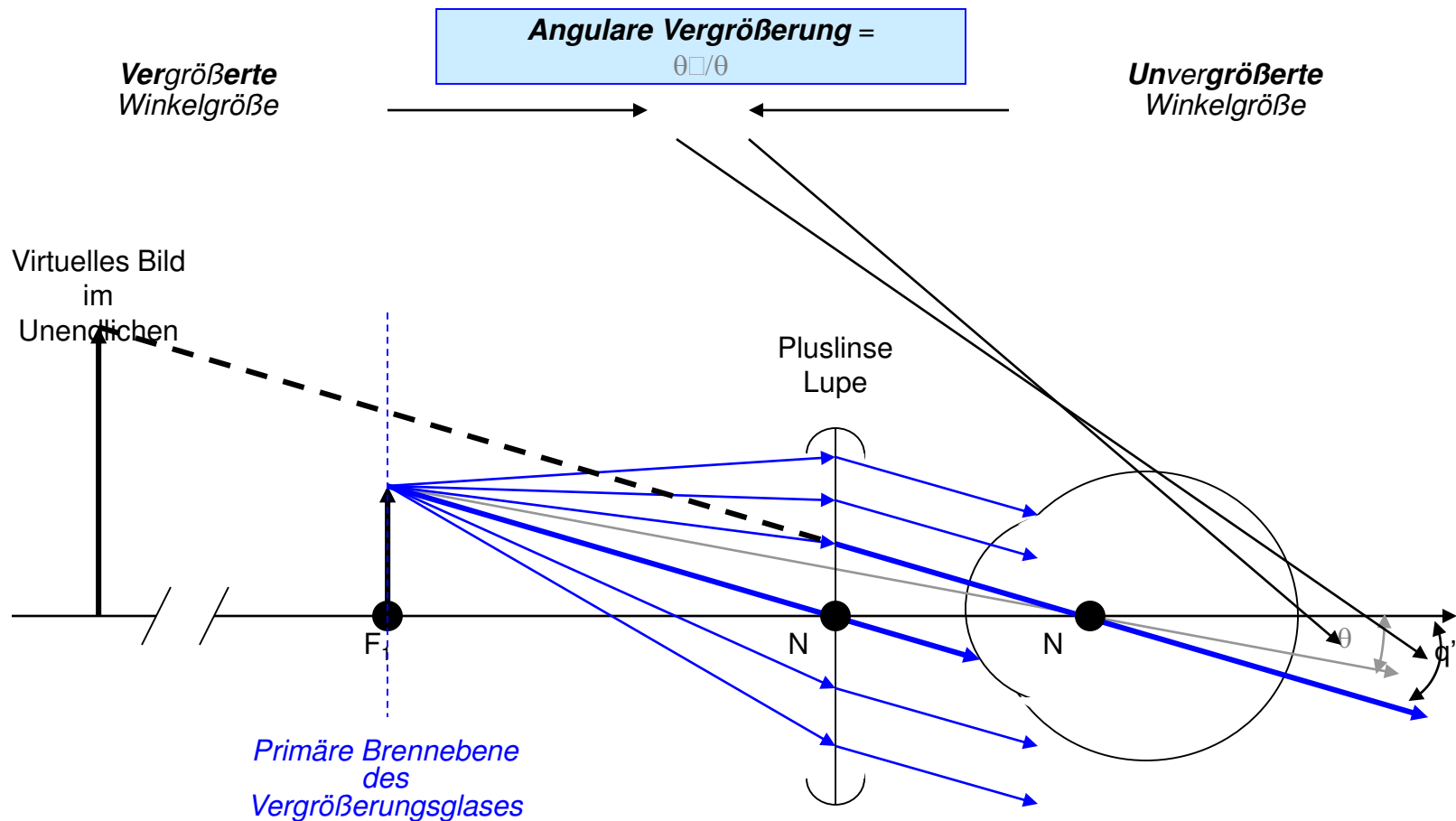
- Aber wie verhält es sich mit **der Angulare Vergrößerung**?
 - „Vergrößerung“ ist ein relativer Begriff, d. h., das Netzhautbild ist im Verhältnis zu *etwas* größer oder kleiner

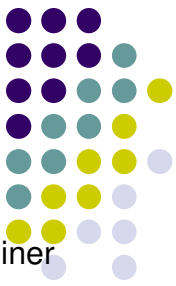




Angulare Vergrößerung

- Aber wie verhält es sich mit **der Angulare Vergrößerung**?
 - „Vergrößerung“ ist ein relativer Begriff, d. h., das Netzhautbild ist im Verhältnis zu *etwas* größer oder kleiner



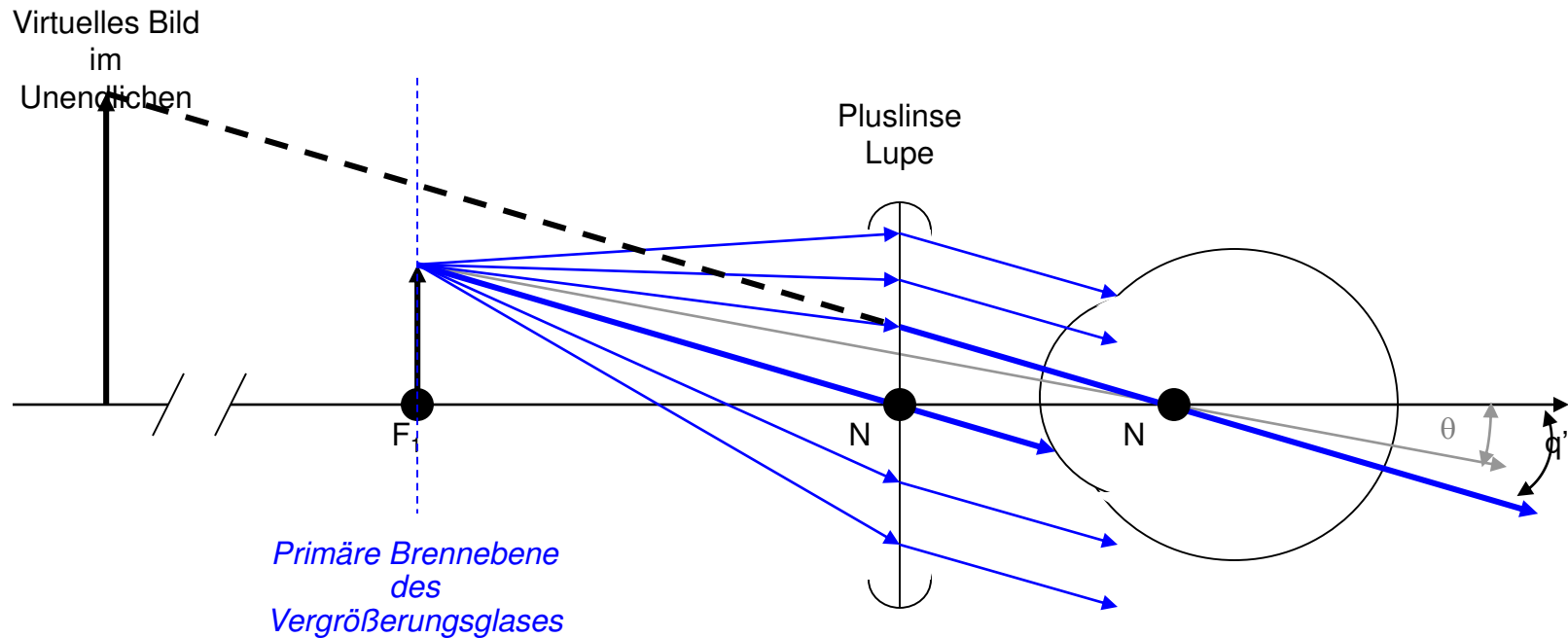


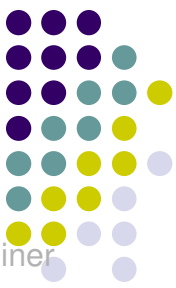
Angulare Vergrößerung

- Aber wie verhält es sich mit **der Angulare Vergrößerung**?
 - „Vergrößerung“ ist ein relativer Begriff, d. h., das Netzhautbild ist im Verhältnis zu *etwas* größer oder kleiner



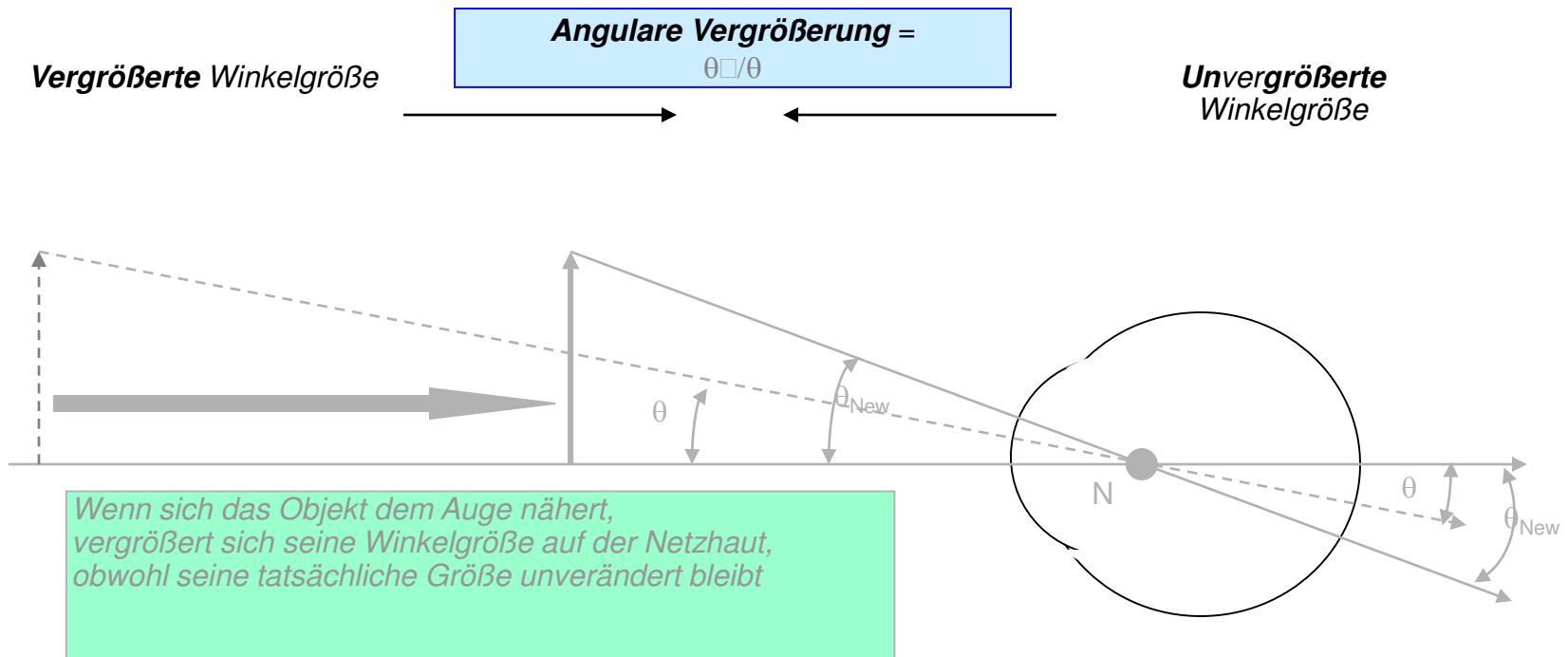
Aber es gibt ein Problem...



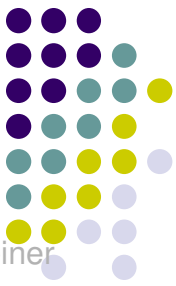


Angulare Vergrößerung

- Aber wie verhält es sich mit der Angulare Vergrößerung?
 - „Vergrößerung“ ist ein relativer Begriff, d. h., das Netzhautbild ist im Verhältnis zu *etwas* größer oder kleiner

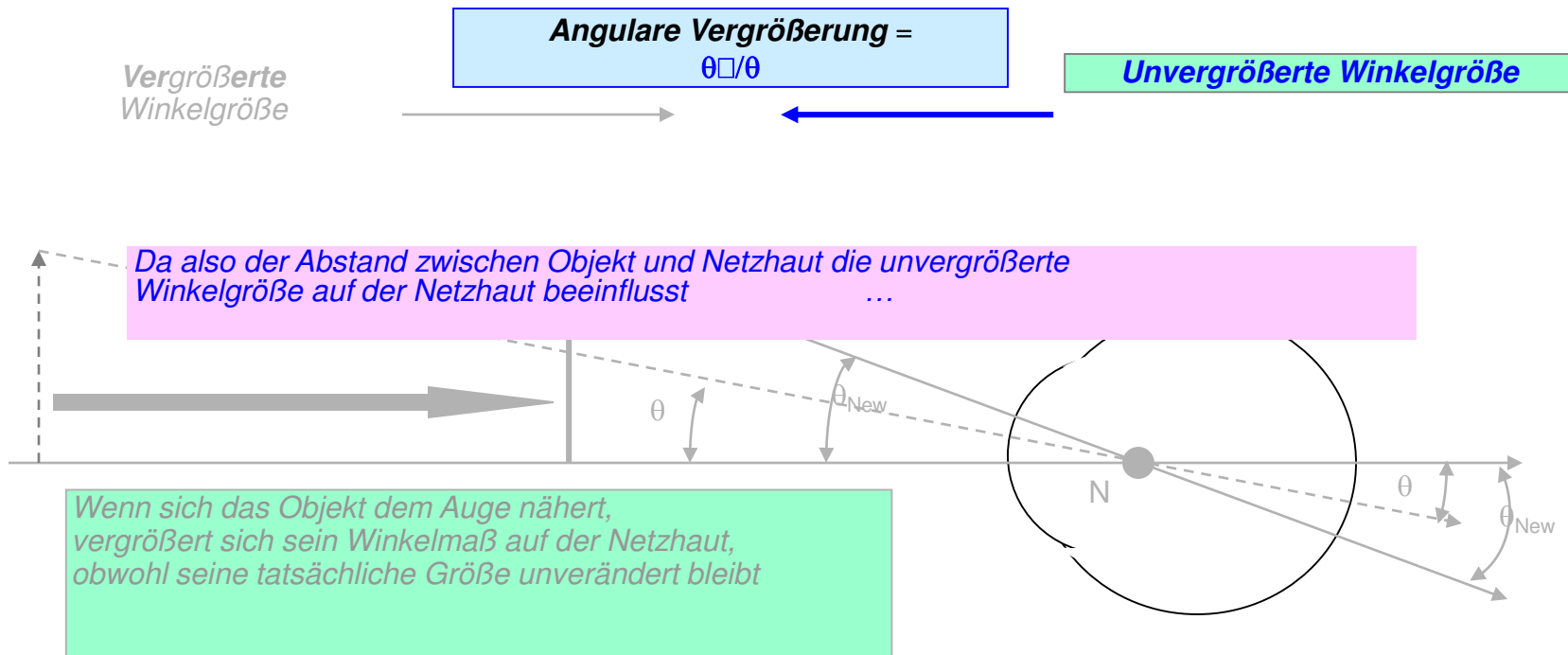


Erinnern Sie sich an diese Folie, auf der wir gesehen haben, dass sich die Winkelgröße eines Bildes ebenfalls mit dem *Abstand* zwischen Objekt und Netzhaut ändert

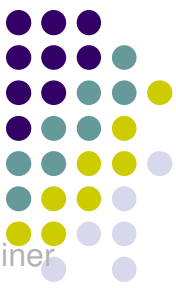


Angulare Vergrößerung

- Aber wie verhält es sich mit der Angulare Vergrößerung?
 - „Vergrößerung“ ist ein relativer Begriff, d. h., das Netzhautbild ist im Verhältnis zu *etwas* größer oder kleiner

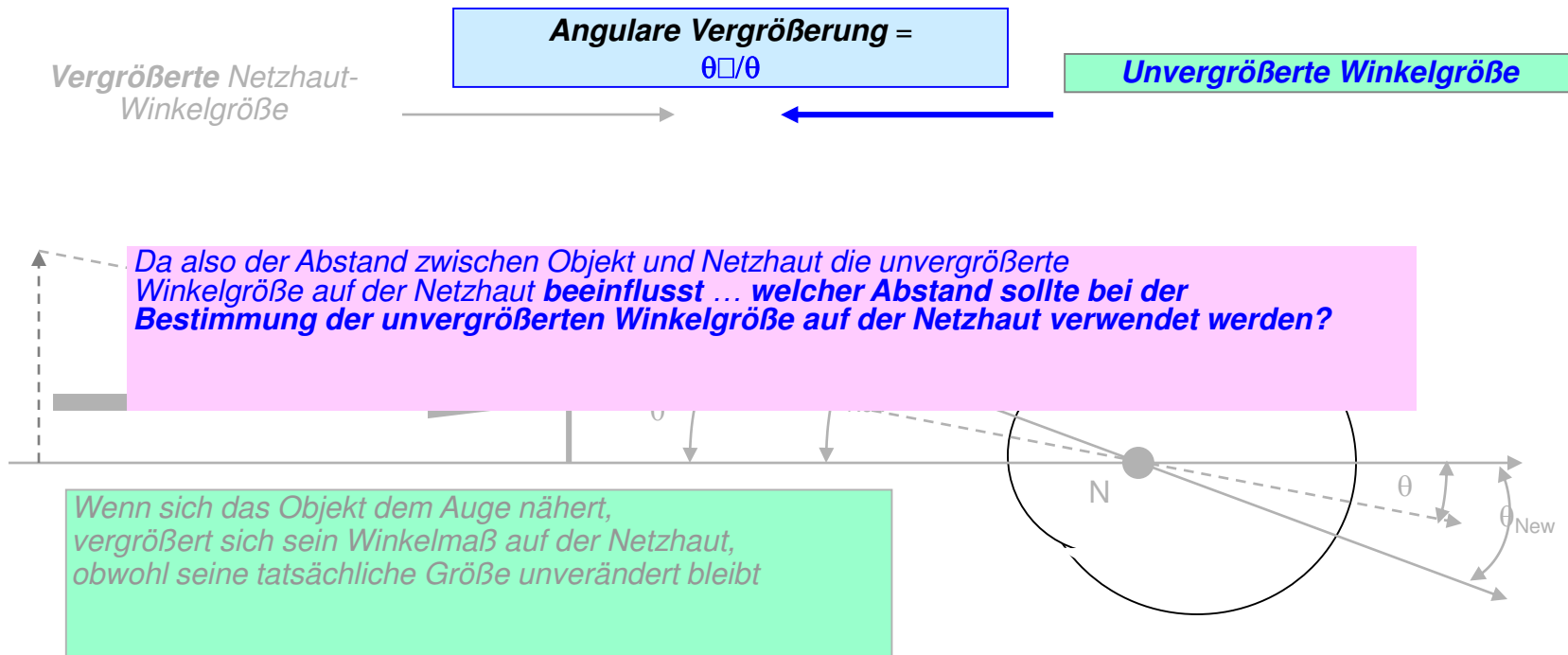


Erinnern Sie sich an diese Folie, auf der wir gesehen haben, dass sich die Winkelgröße eines Bildes ebenfalls mit dem *Abstand* zwischen Objekt und Netzhaut ändert



Angulare Vergrößerung

- Aber wie verhält es sich mit **der Angulare Vergrößerung**?
 - „Vergrößerung“ ist ein relativer Begriff, d. h., das Netzhautbild ist im Verhältnis zu *etwas* größer oder kleiner

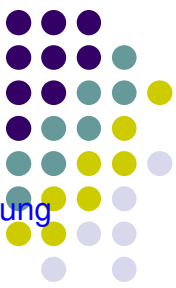


Erinnern Sie sich an diese Folie, auf der wir gesehen haben, dass sich die Winkelgröße eines Bildes ebenfalls mit dem **Abstand** zwischen Objekt und Netzhaut ändert

Angulare Vergrößerung

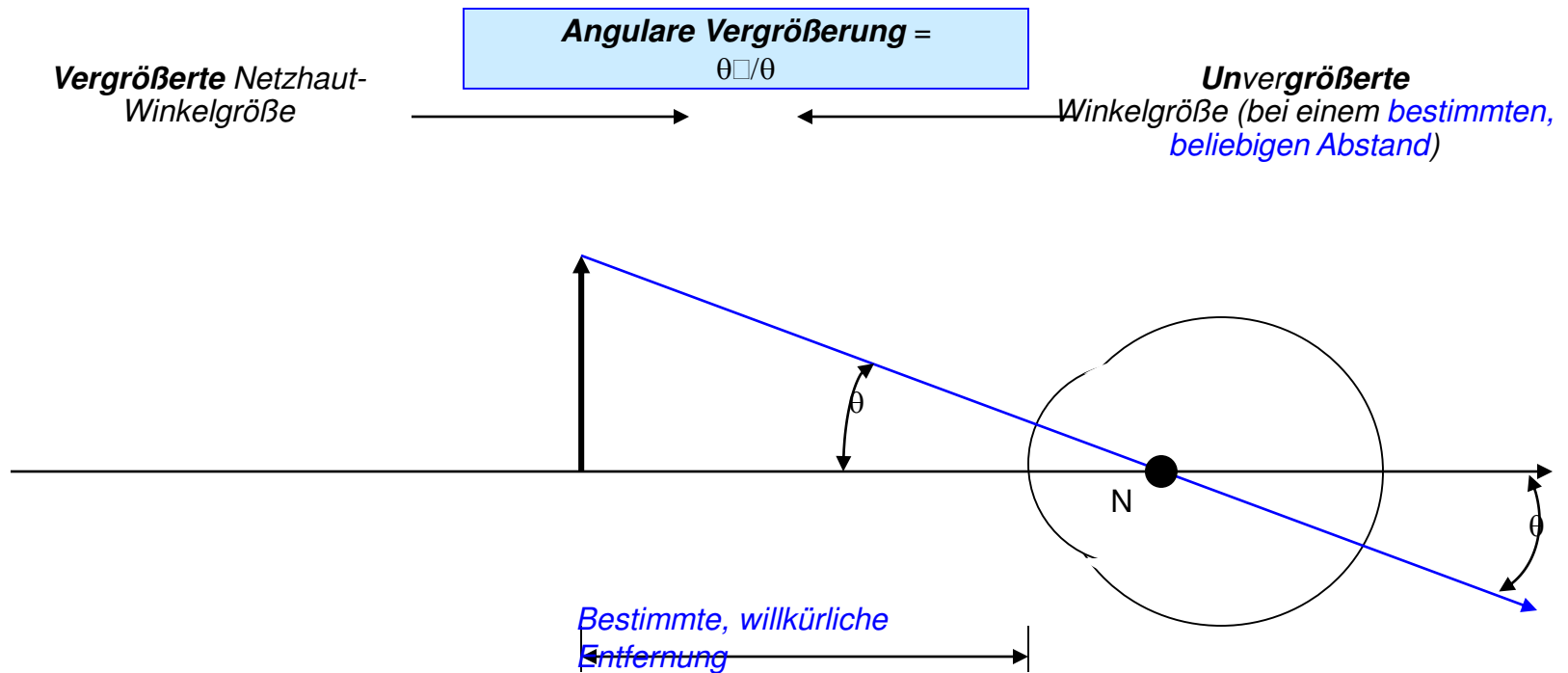
- Um die Angulare Vergrößerung zu bestimmen, muss sich das Objekt in einer bestimmten, beliebigen Entfernung befinden





Angulare Vergrößerung

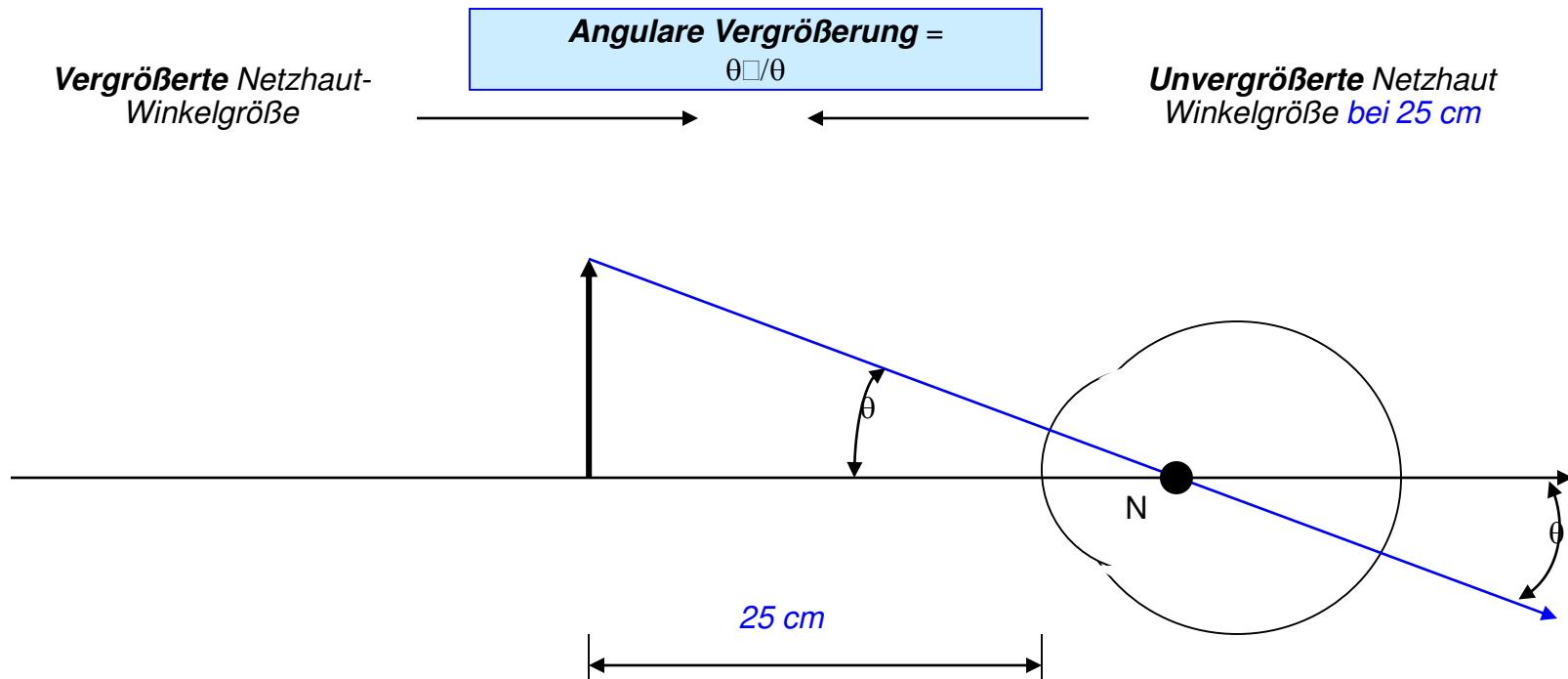
- Um die Angulare Vergrößerung zu bestimmen, muss sich das Objekt in einer bestimmten, beliebigen Entfernung befinden





Angulare Vergrößerung

- Um die Angulare Vergrößerung zu bestimmen, muss sich das Objekt in einer bestimmten, beliebigen Entfernung befinden
 - Eine Referenzentfernung von 25 cm ist der Standard



Angulare Vergrößerung

Vergrößerte Winkelgröße

$$\text{Angulare Vergrößerung} = \theta_{\square} / \theta$$

Unvergrößerte Winkelgröße bei 25 cm



Angulare Vergrößerung



$$\text{Angulare Vergrößerung} = \frac{\theta_{\square}}{\theta}$$

Vergrößerte Winkelgröße

Unvergrößerte Winkelgröße bei 25 cm

$$q' = \text{Objektgröße} \times \text{Linsenstärke}$$

$$\theta = \frac{\text{Objektgröße}}{0,25 \text{ m}}$$

Angulare Vergrößerung



$$\text{Angulare Vergrößerung} = \frac{\theta_{\square}}{\theta}$$

Vergrößerte Winkelgröße

Unvergrößerte Winkelgröße bei 25 cm

$$q' = \text{Objektgröße} \times \text{Linsenstärke}$$

$$\text{Objektgröße} \times \text{Linsenstärke}$$

$$\frac{\text{Objektgröße}}{0,25 \text{ m}}$$

$$\theta = \frac{\text{Objektgröße}}{0,25 \text{ m}}$$

Angulare Vergrößerung



$$\text{Angulare Vergrößerung} = \frac{\theta_{\square}}{\theta}$$

Vergrößerte Winkelgröße

Unvergrößerte Winkelgröße bei 25 cm

$$q' = \text{Objektgröße} \times \text{Linsenstärke}$$

$$\text{Objektgröße} \times \text{Linsenstärke}$$

$$\frac{\text{Objektgröße}}{0,25 \text{ m}}$$

$$\theta = \frac{\text{Objektgröße}}{0,25 \text{ m}}$$

Angulare Vergrößerung



$$\text{Angulare Vergrößerung} = \frac{\theta_{\square}}{\theta}$$

Vergrößerte Winkelgröße

Unvergrößerte Winkelgröße bei 25 cm

$$q' = \text{Objektgröße} \times \text{Linsenstärke}$$

$$\text{Objektgröße} \times \text{Linsenstärke}$$

$$\frac{\text{Objektgröße}}{0,25 \text{ m}}$$

$$\theta = \frac{\text{Objektgröße}}{0,25 \text{ m}}$$

$$= \text{Linsenstärke} \times 0,25 \text{ m}$$

Angulare Vergrößerung



$$\text{Angulare Vergrößerung} = \frac{\theta_{\square}}{\theta}$$

Vergrößerte Winkelgröße

Unvergrößerte Winkelgröße bei 25 cm

$$q' = \text{Objektgröße} \times \text{Linsenstärke}$$

$$\text{Objektgröße} \times \text{Linsenstärke}$$

$$\frac{\text{Objektgröße}}{0,25 \text{ m}}$$

$$\theta = \frac{\text{Objektgröße}}{0,25 \text{ m}}$$

$$= \text{Linsenstärke} \times 0,25 \text{ m}$$

$$= \frac{\text{Linsenstärke}}{4}$$

Angulare Vergrößerung



$$\text{Angulare Vergrößerung} = \frac{\theta_{\square}}{\theta}$$

Vergrößerte
Winkelgröße

Unvergrößerte Winkelgröße bei
25 cm

$$q' = \text{Objektgröße} \times \text{Linsenstärke}$$

$$\text{Objektgröße} \times \text{Linsenstärke}$$

$$\frac{\text{Objektgröße}}{0,25 \text{ m}}$$

$$\theta = \frac{\text{Objektgröße}}{0,25 \text{ m}}$$

$$= \text{Linsenstärke} \times 0,25 \text{ m}$$

$$= \frac{\text{Linsenstärke}}{4}$$

So ist beispielsweise ein 20D-
Objektiv
eine $20/4 = \mathbf{5\text{-fache Lupe}}$