



JOHDATUS TEKOÄLYYN

TEEMU ROOS



HELSINGIN YLIOPISTO

LOGIIKKA

* $LINTU(A) \Rightarrow LENTÄÄ(A)$

$PINGVIINI(A) \Rightarrow LINTU(A)$

$PINGVIINI(tweety)$
 $LENTÄÄ(tweety)$

* $ISÄ(X,Y) \Rightarrow LAPSI(Y,X)$

$ÄITI(X,Y) \Rightarrow LAPSI(Y,X)$

$ISÄ(X,Y) \wedge ISÄ(Y,Z) \Rightarrow LAPSENLAISUUS(Z,X) \wedge ISOISÄ(X,Z)$

$LAPSI(luke skywalker, darth vader)$

$\neg ÄITI(darth vader, luke skywalker)$

$ISÄ(darth vader, luke skywalker)$

EI SEURAA!!!

LOGIIKKA

* $LINTU(A) \Rightarrow LENTÄÄ(A)$

$$PINGVIINI(A) \Rightarrow LINTU(A)$$

$$\frac{PINGVIINI(tweety)}{LENTÄÄ(tweety)}.$$

* $ISÄ(X,Y) \vee ÄITI(X,Y) \Leftrightarrow LAPSI(Y,X)$

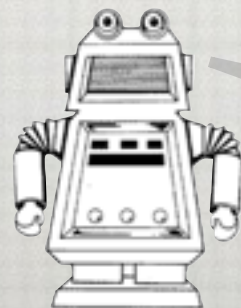
$$ISÄ(X,Y) \wedge ISÄ(Y,Z) \Rightarrow LAPSENLAPSI(Z,X) \wedge ISOISÄ(X,Z)$$

$$\frac{LAPSI(luke skywalker, darth vader) \quad \neg ÄITI(darth vader, luke skywalker)}{ISÄ(darth vader, luke skywalker)}.$$



LOGIIKKAOHJELMOINTI: PROLOG

- * LOGIIKKA ILMAN PÄÄTTELYKONEISTOA EI RIITÄ TEKOÄLYYN
- * 1970-LUVUN ALUSSA: PROLOG
- * PROLOG:
 - DEKLARATIIVINEN OHJELMOINTIKIELI
 - OHJELMA = JOUKKO RELAATIOITA (PREDIKAATTEJA) JA SÄÄNTÖJÄ
 - SUORITUS ALKAA KYSELYSTÄ:
"ONKO PRED(A) TODISTETTAVISSA?"



"TODISTETTAVISSA"
ON ERI ASIA KUIN "TOTTA"!

GÖDEL: EPÄTÄYDELLISYYS

* LAUSE p VOI OLLA:

1. RISTIRIITAINEN ELI AINA EPÄTOSI: $q \wedge \neg q$

2. TAUTOLOGINEN ELI AINA TOSI: $q \vee \neg q$

3. KONTINGENTTI: ISÄ (darth vader, luke skywalker)

* HUOM: LAUSEEN TÄYTYY OLLA TÄSMÄLLISESTI MUOTOILTU; ESIM. KAUNIS (sää) EI OIKEASTAAN OLE.

* EI-KONTINGETTI LAUSE p VOI OLLA:

1. TODISTETTAVISSA EPÄTODEKSI

2. TODISTETTAVISSA TODEKSI

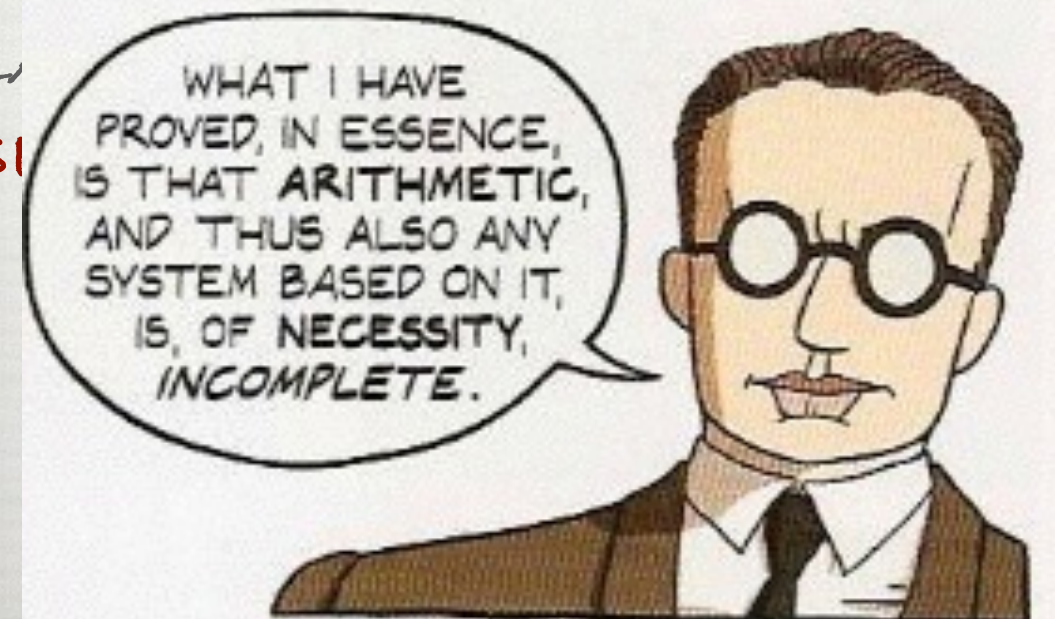
3. RATKEAMATON

GÖDEL: EPÄTÄYDELLISYYS

- * LAUSE p VOI OLLA:
 1. RISTIRIITAINEN ELI AINA EPÄTO
 2. TAUTOLOGINEN ELI AINA TOSI:
 3. KONTINGENTTI: ISÄ

- * HUOM: LAUSEEN TÄYTYY OLLA T,
MUOTOILTU; ESIM. KAUUNIS(sää) E

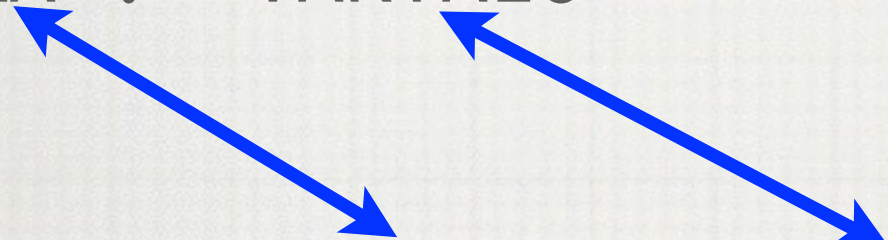
- * EI-KONTINGETTI LAUSE p VOI OLLA
 1. TODISTETTAVISSA EPÄTODEKSI
 2. TODISTETTAVISSA TODEKSI
 3. RATKEAMATON



LOGIikkaOHJELMOINTI: PROLOG

PÄÄ :- VARTALO

JOHTOPÄÄTÖS $\Leftarrow$ LAUSE



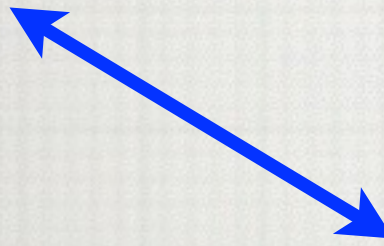
LOGIIKKAOHJELMOINTI: PROLOG

PÄÄ :- VARTALO

kissa(felix) :- true.

?- kissa(felix).

KYSELY



LOGIikkaOHJELMOINTI: PROLOG

PÄÄ :- VARTALO

kissa(felix) :- true.

?- kissa(felix).

yes

?- kissa(X).

X = felix

yes

LOGIikkaOHJELMOINTI: PROLOG

PÄÄ :- VARTALO

kissa(felix) :- true.
eläin(X) :- kissa(X).

?- eläin(X).

X = felix

yes

LOGIikkaOHJELMOINTI: PROLOG

PÄÄ :- VARTALO

isäpuoli(X,Y):-äiti(Z,Y),mies(X,Z)

$\wedge$ "JA"

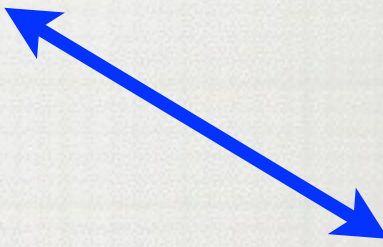


LOGIIKKAOHJELMOINTI: PROLOG

PÄÄ :- VARTALO

isäpuoli(X,Y):-äiti(Z,Y),mies(X,Z),\+isä(X,Y).

$\neg$ "EI"



LOGIikkaOHJELMOINTI: PROLOG

PÄÄ :- VARTALO

isäpuoli(X,Y):-äiti(Z,Y),mies(X,Z),\+isä(X,Y).

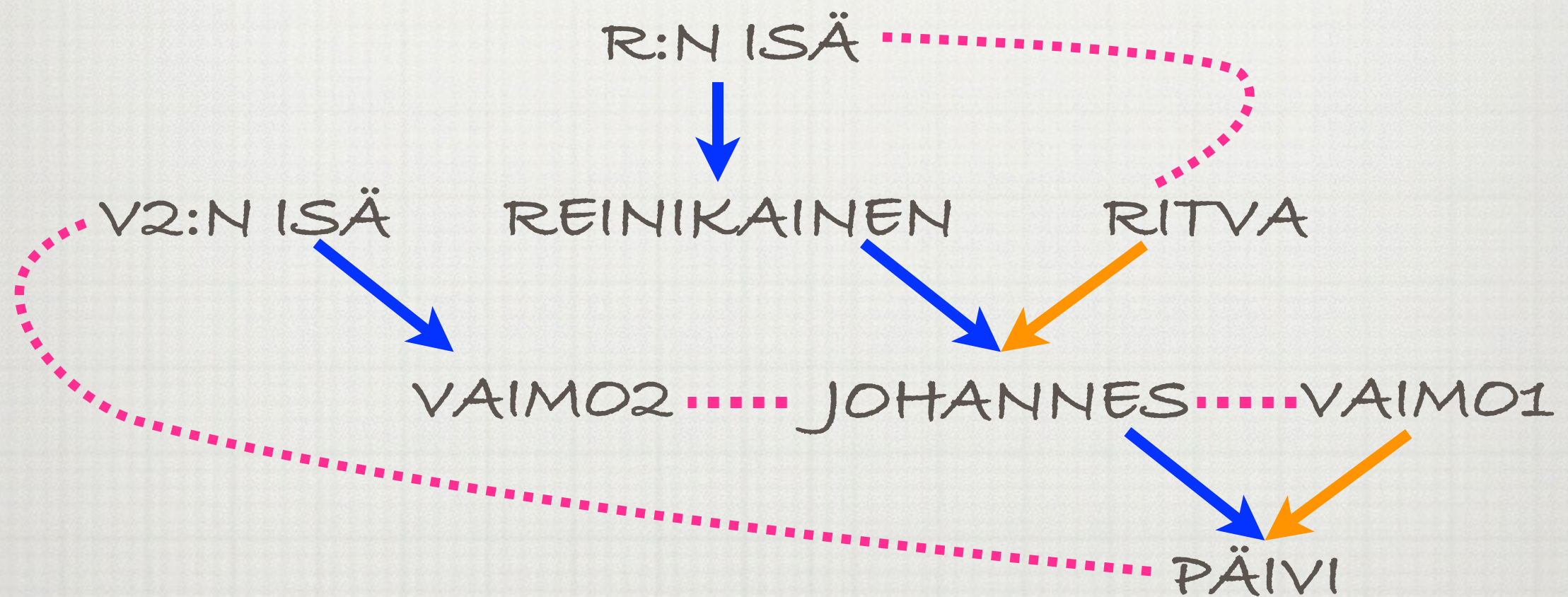
äitipuoli(X,Y):-isä(Z,Y),vaimo(X,Z),\+äiti(X,Y).



9:50



REINIKAISEN SUKUPUU



1. "...POIKANI ON NY SITTE MUN ISÄPUOLENI..."

2. "...ÄITIPUOLENSA ÄITIPUOLI..."

REINIKAISEN SUKUPUU

```
isa(reinikainen,johannes).
isa(reinikaisenisa,reinikainen).
isa(johannes,paivi).
isa(toisenvaimonisa,vaimoII).
aiti(reinikaisenaiti,reinikainen).
aiti(ritva,johannes).
aiti(vaimoI,paivi).
vaimo(ritva,reinikaisenisa)
vaimo(paivi,toisenvaimonisa).
vaimo(vaimoI,johannes).
vaimo(vaimoII,johannes).
mies(reinikaisenisa,ritva).
mies(johannes,vaimoI).
mies(johannes,vaimoII).
mies(toisenvaimonisa,paivi).
isapuoli(X,Y):-aiti(Z,Y),mies(X,Z),\+isa(X,Y).
aitipuoli(X,Y):-isa(Z,Y),vaimo(X,Z),\+aiti(X,Y).
```

REINIKAISEN SUKUPUU

GNU Prolog 1.3.0

By Daniel Diaz

Copyright (C) 1999-2007 Daniel Diaz

| ?- `consult('reinikainen')`.

compiling /fs-0/3/ttonteri/reinikainen.pl for byte code...
/fs-0/3/ttonteri/reinikainen.pl compiled, 19 lines read -
3066 bytes written, 26 ms

(10 ms) yes

| ?- `isapuoli(X,Y)`.

X = reinikaisenisa

Y = johannes

REINIKAISEN SUKUPUU

GNU Prolog 1.3.0

By Daniel Diaz

Copyright (C) 1999-2007 Daniel Diaz

```
| ?- consult('reinikainen').
```

```
compiling /fs-0/3/ttonteri/reinikainen.pl for byte code...  
/fs-0/3/ttonteri/reinikainen.pl compiled, 19 lines read -  
3066 bytes written, 26 ms
```

```
1. "...POIKANI ON NY SITTE MUN ISAPUOLENI..."
```

```
| ?- isapuoli(X,Y).
```

X = reinikaisenisa

Y = johannes

REINIKAISEN SUKUPUU

GNU Prolog 1.3.0

By Daniel Diaz

Copyright (C) 1999-2007 Daniel Diaz

| ?- **aitipuoli(X,Y).**

X = ritva

Y = reinikainen

X = vaimoII

Y = paivi

X = paivi

Y = vaimoII

2. "...ÄITIPUOLENSA ÄITIPUOLI..."

www.youtube.com/watch?v=_S3m0V_ZF_QYouTube^{FI}

Upload

GUIDE



The Computer Chronicles - Artificial Intelligence (1984)



ComputerChroniclesYT · 432 videos

Subscribe

1,027

59 views

2 likes, 0 dislikes



Like



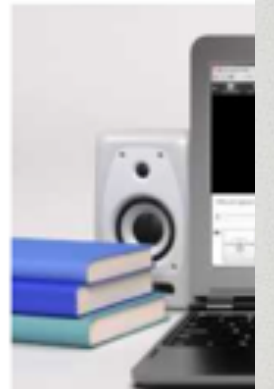
About

Share

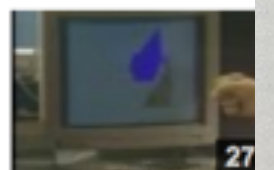
Add to



Download



Osta Chrome

Kannettava ilman
Hinta alkaen 349€
by GoogleFinland

1984



☐ 21:10 DR NILS NILSSON

☐ "WE'LL CONTINUE TO DEVELOP SYSTEMS THAT ARE LESS BRITTLE OVER THE NEXT 5, 10, 15 YEARS..."

☐ "IT HAS TO DO WITH BEING ABLE TO REASON ABOUT THE CONTEXT IN WHICH A PARTICULAR DISCUSSION [...] IS TAKING PLACE"

☐ "IF IT HAS TO HAVE WHAT YOU MIGHT CALL COMMON-SENSE KNOWLEDGE [...], THEN IT HAS A GOOD DEAL MORE DIFFICULTY AND IN FACT IT FAILS IN MANY OF THOSE CASES"

CYC

- * RAKENNETTU VUODESTA 1984 ALKAEN DOUG LENAT'N JOHDOLLA.
- * TAVOITE "COMMON SENSE"
- * SOVELLETTU ERITYISALOILLA:
 - TERRORISMITIETOKANTA
 - BIOLÄÄKETIETEELLINEN KYSELYJÄRJESTELMÄ

CYC

(#\$isa #\$BillClinton #\$UnitedStatesPresident)

"BILL CLINTON KUULUU KOKOELMAAN YHDYSVALTAI
PRESIDENTIT"

(#\$genls #\$Tree-ThePlant #\$Plant)

"KAIKKI PUUT OVAT KASVEJA".

(#\$capitalCity #\$France #\$Paris)

"PARIISI ON RANSKAN PÄÄKAUPUNKI."

CYC

```
(#$implies  
  ($and  
    ($isa ?OBJ ?SUBSET)  
    ($genls ?SUBSET ?SUPERSET))  
  ($isa ?OBJ ?SUPERSET))
```

"JOS OBJ KUULUU KOKOELMAAN SUBSET JA SUBSET ON KOKOELMAN SUPERSET OSAJOUKKO, NIIN OBJ KUULUU KOKOELMAAN SUPERSET."

CYC

(#\$relationAllExists #\$biologicalMother #\$ChordataPhylum
#\$FemaleAnimal)

"JOKAISILLA SELKÄJÄNTEISELLÄ ON ÄITI."

MUTTA...

- * 1980 LUVULLE ASTI LOGIIKKA PIDETTIIN KESKEISIMPÄNÄ VÄLINEENÄ TEKOÄLYSSÄ
- * PIENET, RAJATUT "LELUONGELMAT" RATKESIVAT KYLLÄ...
- * ...MUTTA ONGELMIKSI MUODOSTUIVAT:
 - SKAALAUTUVUUS (ETSINTÄAVARUUS)
 - RELEVANTIN TIEDON LÖYTÄMINEN
 - EPÄVARMAN TIEDON KÄSITTELY

Doug Lenat, 1998:
**"How to Build HAL Today in
Three Easy Steps"**

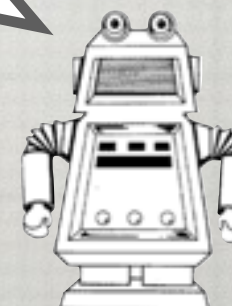
MUTTA...

-
- * 1980 LUVULLE ASTI LOGIIKKA PIDETTIIN KESKEISIMPÄNÄ VÄLINEENÄ TEKOÄLYSSÄ
 - * PIENET, RAJATUT "LELUONGELMAT" RATKESIVAT KYLLÄ...
 - * ...MUTTA ONGELMIKSI MUODOSTUIVAT:
 - SKAALAUTUVUUS (ETSINTÄAVARUUS)
 - RELEVANTIN TIEDON LÖYTÄMINEN
 - EPÄVARMAN TIEDON KÄSITTELY
 - * TUTKIMUSRAHOITUS ROMAHTI
 - * TILALLE "KONNEKTIONISMI"
JA "MODERNI AI".

MUTTA...

- * 1980 LUVULLE ASTI LOGIIKKA PIDETTIIN KESKEISIMPÄNÄ VÄLINEENÄ TEKOÄLYSSÄ
- * PIENET, RAJATUT "LELUONGELMAT" RATKESIVAT KYLLÄ...
- * ...MUTTA ONGELMIKSI
 - SKAALAUTUVUUS
 - RELEVANTIN TIETÄ
 - EPÄVARMAN TIETÄ
- * TUTKIMUSRAHOITUS
- * TILALLE "KONNEKTIONISMI" JA "MODERNI AI".

LOGIIKKA SOVEL-
LETAAN EDELLEEN TEKO-
ÄLYSSÄ. **VIERAILULUENTO**
KURSSIN LOPPU-
PUOLELLA!



AIHEITA

✓ 1. MITÄ ON TEKOÄLY? HISTORIA JA FILOSOFIA

✓ 2. PELIT JA ETSINTÄ

"GOFAI"

✓ 3. LOGIIKKA (-OHJELMOINTI)

4. KONEOPPIMINEN JA

PÄÄTTELY EPÄVARMUUDEN VALLITESSA

"MODERN AI"

5. ROBOTIIKKA

...

MODERNI AI

OIKEASSA MAAILMASSA OTETTAVA HUOMIOON:

- * HAVAINTOJEN EPÄTARKKUUS
- * EPÄVARMUUS JA EPÄTÄSMÄLLISYYS
- * RISTIRIITAINEN INFORMAATIO
- * TOSIAIKAISUUS
- * JNE.

TODENNÄKÖISYYS (TN)

- * TODENNÄKÖISYYKSIEN AVULLA VOIDAAN MALLINTAA TILANTEITA, JOIHIN LIITTYY EPÄVARMUUTTA
- * AINA EI TARVITSE OLLA KYSE "FYSIKAALISESTA" SATUNNAISUUDESTA:
 $P(\text{"SÖIN EILEN PIZZAA"})?$
- * RIIPPUU TAUSTATIEDOISTA ("SUBJEKTIIVINEN" TN)
- * TEKOÄLYSOVELLUKSISSA VAIKEIN OSUUS ON SOPIVAN TN-MALLIN RAKENTAMINEN: $\text{MISTÄ } P(.)?$

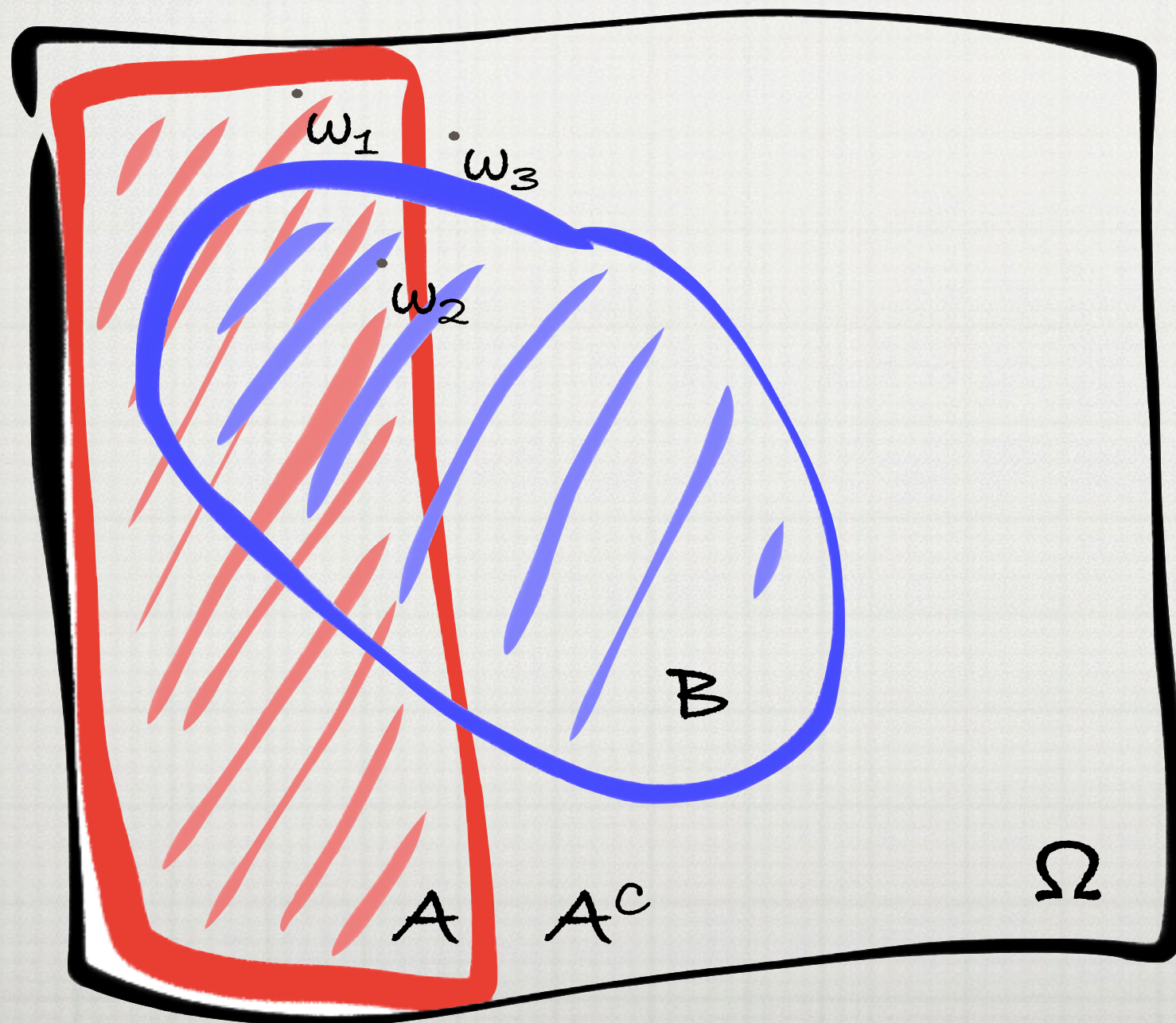
TODENNÄKÖISYYS (TN)

PERUSKÄSITTEITÄ:

- * $\omega \in \Omega$ ALKEISTAPAHTUMAT
(MAHDOLLISET MAAILMAT)
- * $A, B, C, \dots \subseteq \Omega$ TAPAHTUMAT, "SÖIN EILEN PIZZAA"
(OSAJOUKKOJA MAHD. MAAILMOISTA)
- * $P(\omega_1), P(\omega_2), \dots \in [0, 1]$ TODENNÄKÖISYYSMALLI
 $\sum_{\omega \in \Omega} P(\omega) = 1$ MAHD. MAAILMOJEN TN:T

$$\omega \in A$$

TODENNÄKÖISYYS (TN)



$$\omega_1 \in A$$

$$\omega_2 \in A$$

$$\omega_3 \notin A$$

$$\omega_1 \notin A^c$$

$$\omega_2 \notin A^c$$

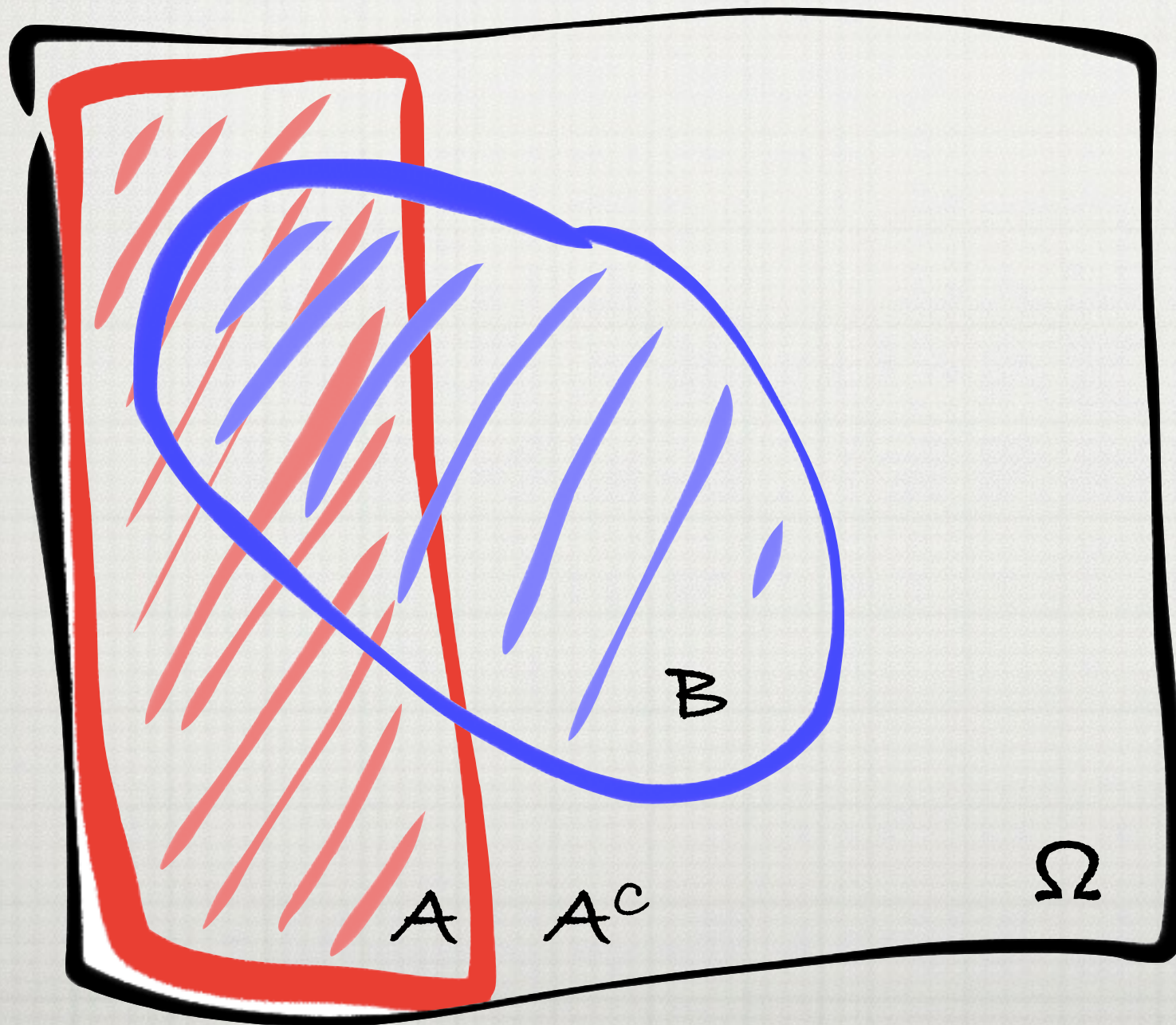
$$\omega_3 \in A^c$$

$$\omega_1 \notin B$$

$$\omega_2 \in B$$

$$\omega_3 \notin B$$

TODENNÄKÖISYYS (TN)



$$P(A) = \sum_{\omega \in A} P(\omega)$$

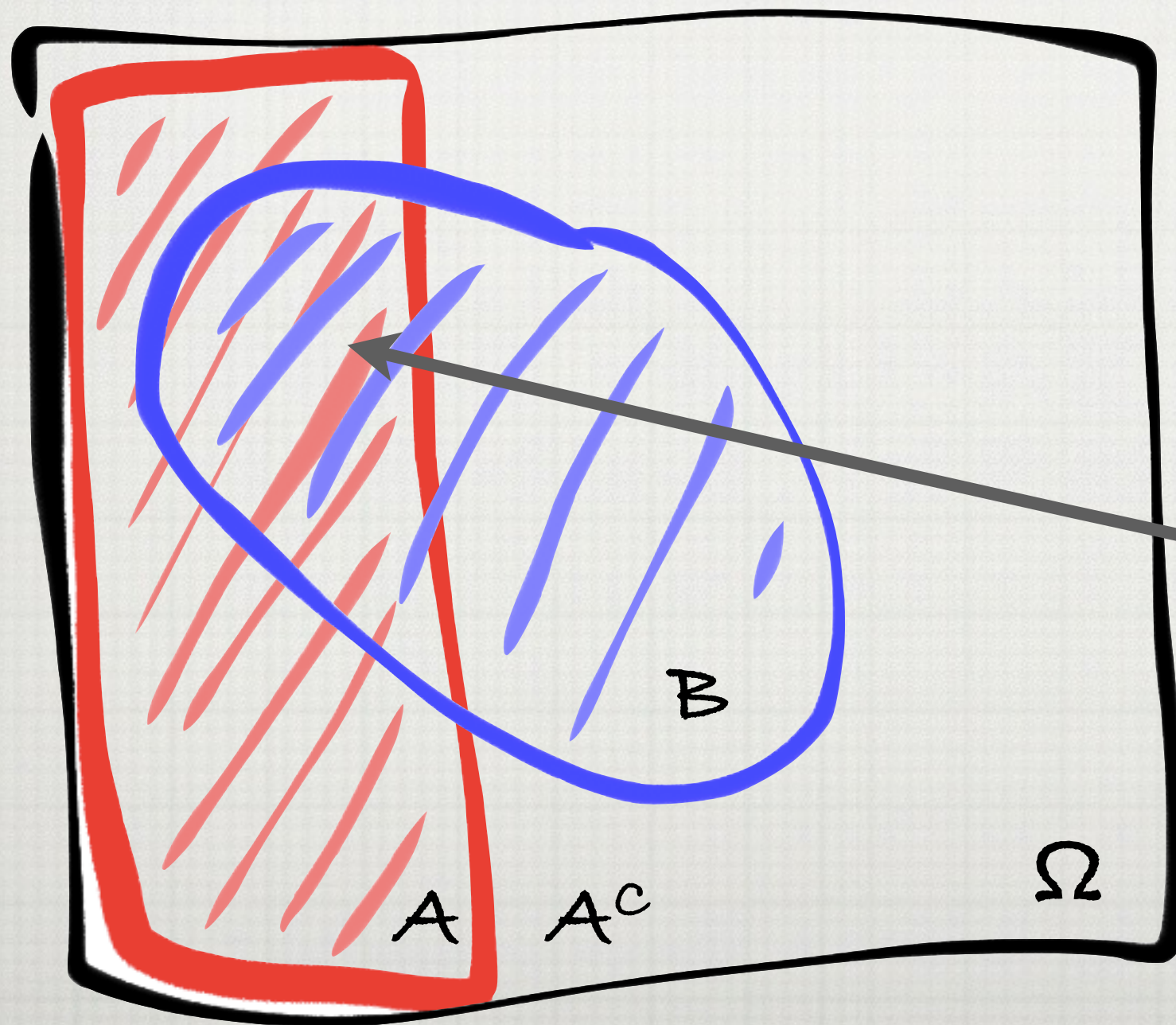
$$P(\neg A) = \sum_{\omega \in A^c} P(\omega)$$

$$P(B) = \sum_{\omega \in B} P(\omega)$$

$$P(A \cap B) = \sum_{\omega \in A \cap B} P(\omega)$$

"JA"

TODENNÄKÖISYYS (TN)



$$P(A) = \sum_{\omega \in A} P(\omega)$$

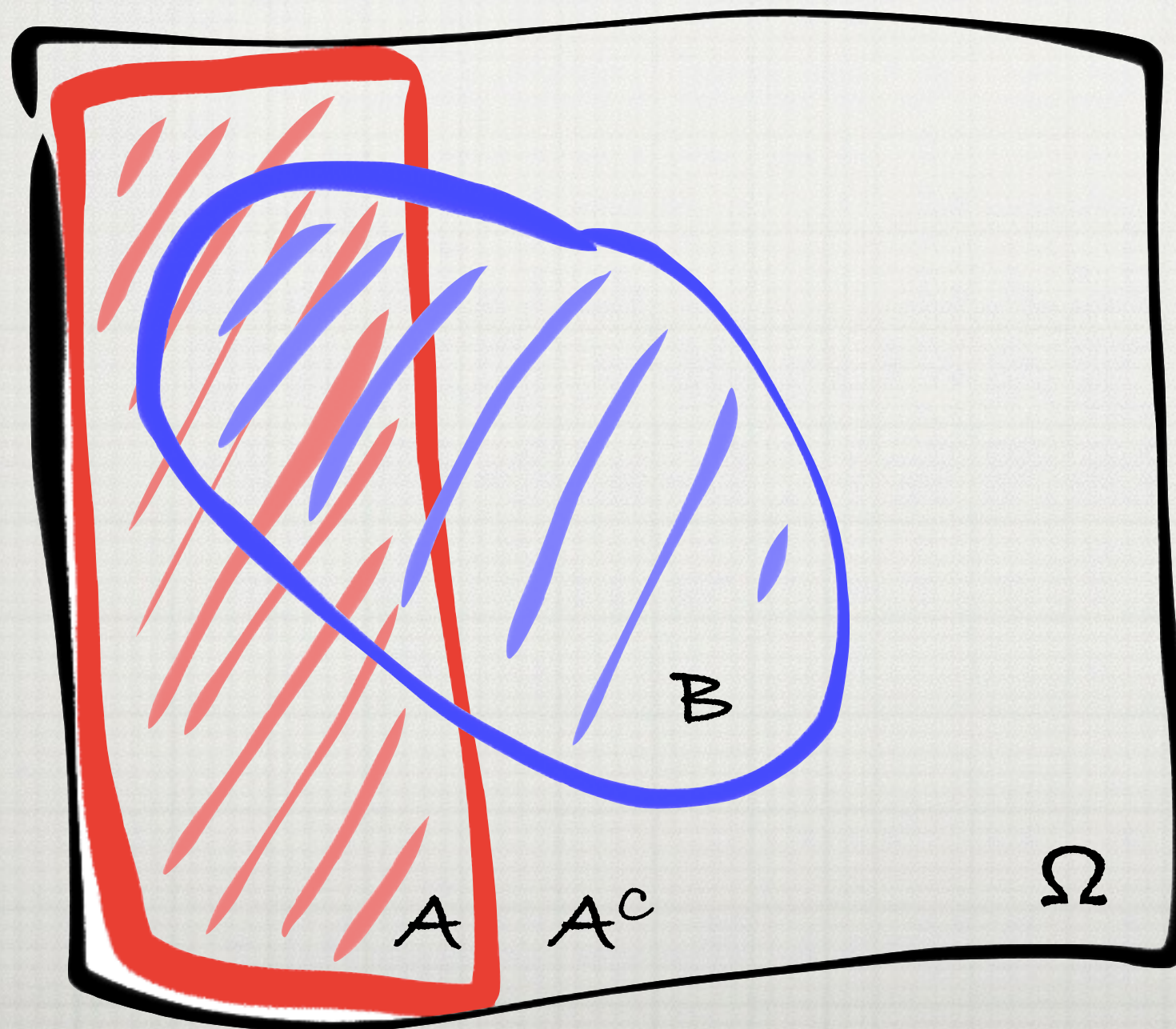
$$P(\neg A) = \sum_{\omega \in A^c} P(\omega)$$

$$P(B) = \sum_{\omega \in B} P(\omega)$$

$$P(A, B) = \sum_{\omega \in A \cap B} P(\omega)$$

"JA"

TODENNÄKÖISYYS (TN)



$$P(A) = \sum_{\omega \in A} P(\omega)$$

$$P(\neg A) = \sum_{\omega \in A^c} P(\omega)$$

$$P(B) = \sum_{\omega \in B} P(\omega)$$

$$P(A, B) = \sum_{\omega \in A \cap B} P(\omega)$$

"JA"

$$P(A \cup B) = \sum_{\omega \in A \cup B} P(\omega)$$

"TAI"

$$A \cup B = B \cup A$$

$$A \cap B \cap C = C \cap B \cap A$$

TODENNÄKÖISYYS (TN)

- * $\Omega = \{1,2,3,4,5,6\}$
- * $P(\omega) = 1/6$ KAIKILLA $\omega \in \Omega$
- * $A = \text{"PARILLINEN"} = \{2,4,6\}$
- * $P(A) = \underline{\underline{1/2}}$



TODENNÄKÖISYYS (TN)

2 NOPPAA:

$$\begin{aligned} * \quad \Omega = & \{(1,1), (1,2), (1,3), (1,4), (1,5), (1,6), \\ & (2,1), (2,2), (2,3), (2,4), (2,5), (2,6), \\ & (3,1), (3,2), (3,3), (3,4), (3,5), (3,6), \\ & (4,1), (4,2), (4,3), (4,4), (4,5), (4,6), \\ & (5,1), (5,2), (5,3), (5,4), (5,5), (5,6), \\ & (6,1), (6,2), (6,3), (6,4), (6,5), (6,6)\} \end{aligned}$$



$$* \quad P(\omega) = 1/36 \quad \text{KAIKILLA } \omega \in \Omega$$

$$* \quad A = \text{"SUMMA ON 2"} = \{(1,1)\}$$

$$* \quad P(A) = \underline{1/36} = \text{about } 2.78\% \underline{\hspace{2cm}}$$

TODENNÄKÖISYYS (TN)

2 NOPPAA:

$$\begin{aligned} * \quad \Omega = & \{(1,1), (1,2), (1,3), (1,4), (1,5), (1,6), \\ & (2,1), (2,2), (2,3), (2,4), (2,5), (2,6), \\ & (3,1), (3,2), (3,3), (3,4), (3,5), (3,6), \\ & (4,1), (4,2), (4,3), (4,4), (4,5), (4,6), \\ & (5,1), (5,2), (5,3), (5,4), (5,5), (5,6), \\ & (6,1), (6,2), (6,3), (6,4), (6,5), (6,6)\} \end{aligned}$$



$$* \quad P(\omega) = 1/36 \quad \text{KAIKILLA } \omega \in \Omega$$

$$* \quad A = \text{"SUMMA ON 6"} = \{(1,5), (2,4), (3,3), (4,2), (5,1)\}$$

$$* \quad B = \text{"TUPLAT"} = \{(1,1), (2,2), (3,3), (4,4), (5,5), (6,6)\}$$

$$P(B) = 6/36 = 1/6$$

TODENNÄKÖISYYS (TN)

2 NOPPAA:

$$\begin{aligned} * \quad \Omega = & \{(1,1), (1,2), (1,3), (1,4), (1,5), (1,6), \\ & (2,1), (2,2), (2,3), (2,4), (2,5), (2,6), \\ & (3,1), (3,2), (3,3), (3,4), (3,5), (3,6), \\ & (4,1), (4,2), (4,3), (4,4), (4,5), (4,6), \\ & (5,1), (5,2), (5,3), (5,4), (5,5), (5,6), \\ & (6,1), (6,2), (6,3), (6,4), (6,5), (6,6)\} \end{aligned}$$



$$* \quad P(\omega) = 1/36 \quad \text{KAIKILLA } \omega \in \Omega$$

$$* \quad A = \text{"SUMMA ON 6"} = \{(1,5), (2,4), (3,3), (4,2), (5,1)\}$$

$$* \quad B = \text{"TUPLAT"} = \{(1,1), (2,2), (3,3), (4,4), (5,5), (6,6)\}$$

$$* \quad P(A \vee B) = \underline{\quad 10/36 \quad}$$

TODENNÄKÖISYYS (TN)

1. $P(\neg A) = \underline{\quad 1 - P(A) \quad}$

2. $P(A \vee \neg A) = \underline{\quad 1 \quad}$

3. $P(A \wedge \neg A) = \underline{\quad 0 \quad}$

4. $P(A \vee B) = P(A) + P(B) - P(A \wedge B)$

5. $P(A, B) + P(A, \neg B) = \underline{\quad P(A) \quad}$

HUOMENNA

- * EHDOLLINEN TODENNÄKÖISYYS
- * BAYESIN KAAVA
- * NAIVI BAYES -ROSKAPOSTISUODATIN