

**UPPSALA UNIVERSITET**  
Matematiska institutionen  
Erik Palmgren

Kursinformation/Course information  
Tillämpad logik DV1 (Applied Logic)  
2002-09-02

## **Tillämpad logik DV1, 4p**

Denna C-kurs ger fördjupade kunskaper i logik och dess deduktiva och algoritmiska aspekter. Följande moment ingår:

*Konstruktiv logik:* Lambda-kalkyl och ML. Algoritmisk tolkning av de logiska konnektiven. Intuitionistisk logik. Martin-Löfs typteori. Programextraktion från bevis. Integrerad programlogik. Logiska ramverk. Curry-Howard isomorfin.

*Modallogik:* Kripkemodeller, möjliga-världars semantik, tidslogik och transitionssystem. Modellkontroll (model-checking)

*Ekvationella bevis och termomskrivning:* Konfluens, normalform. Unifiering. Termineringsbevis genom Kruskals sats.

*Bevisteori och automatisk bevisföring:* Bevissökning i sekventkalkyl. Fullständighetssatsen (terminering av bevissökning). Egenskaper hos snittfria bevis ("bevis utan lemmor"). Resolutionsmetoder. System för automatisk bevisföring.

*Avgörbara och oavgörbara axiomssystem:* Kvantorelimination. Fullständiga teorier. Lösning av geometriska och kombinatoriska problem genom reduktion till avgörbara teorier. Orientering om Gödels ofullständighetssats (bevis presenteras i Logik MN2) och dess konsekvenser.

Kursen består av totalt 22 föreläsningar och lektioner samt en laboration. Kursen ges på engelska.

## **Applied Logic DV1 (English translation)**

This C-level course gives deepened knowledge in logic and its deductive and algorithmic aspects. Topics included:

*Constructive logic:* Lambda-calculus and ML. Algorithmic interpretation of the logical connectives. Intuitionistic logic. Martin-Löf type theory. Program extraction from proofs. Integrated program logics. Logical frameworks. The Curry-Howard isomorphism.

*Modal logic:* Kripke models, possible worlds semantics, temporal logic and transition systems. Model-checking.

*Equational proofs and term rewriting:* Confluence, normal forms. Unification. Termination proofs using Kruskal's theorem.

*Proof theory and automatic deduction:* Proof search in sequent calculus. The completeness theorem (termination of proof-search). Properties of cut-free proofs ("proofs without lemmas"). Resolution methods. Systems for automatic deduction.

*Decidable and undecidable axiom systems:* Quantifier-elimination. Complete theories. Solution of geometric and combinatorial problems by reduction to decidable theories. An overview of Gödel's incompleteness theorem and its consequences (a proof is presented in Logik MN2).

The course consists of 22 lectures and exercise classes, and a laboratory exercise. The course will be given in English.

**Lärare (Main lecturer):** Erik Palmgren, tel. 018-471 32 85, e-post: [palmgren@math.uu.se](mailto:palmgren@math.uu.se). Kursansvarig institution är matematiska institutionen, Uppsala universitet.

**Gästföreläsare (Guestlecturers):**

Parosh Abdulla, Institutionen för informationsteknologi, Uppsala universitet.

Lars-Henrik Eriksson, Institutionen för informationsteknologi, Uppsala universitet.

**Assistent (Teaching assistant)** Fredrik Dahlgren.

**Kursstart:** Måndagen den 2 september, kl. 13.15 – 15.00 i sal 1145, MIC, Polacksbacken, Uppsala. Schema finns på kurshemsidan.

**Course start (English):** Monday 2 September, 13.15 – 15.00 in room 1145, MIC, Polacksbacken, Uppsala. Schedule is available on the course webpage.

**Förkunskaper:** Logik och bevisteknik DV1 eller Logik MN1 och grundläggande kunskaper i diskret matematik och automatateori. Dessutom underlättar kunskaper i funktionell programmering (programmering i ML eller Haskell) förståelsen av vissa moment.

**Prerequisites (English):** A first course in Logic covering natural deduction or sequent calculus, predicate logic and its semantics. Basic knowledge of discrete mathematics and automata theory. Knowledge in basic functional programming (Programming in ML or Haskell) will ease the understanding of certain topics.

**Examination:** Skriftlig tentamen den 17 oktober. Obligatoriska laborationsuppgifter. Bonusgivande uppgifter förekommer.

**Examination (English)** Written exam on October 17. Compulsory laboratory exercises. Homework exercises for extra credits.

**Kurshemsida:** [www.math.uu.se/~palmgren/tillog/index.html](http://www.math.uu.se/~palmgren/tillog/index.html) (Visst utdelat material kommer att finnas tillgängligt här).

**Course webpage (English):** [www.math.uu.se/~palmgren/tillog/index.html](http://www.math.uu.se/~palmgren/tillog/index.html) (Certain handouts will be available here.)

## Litteratur

[P1] Erik Palmgren, *Konstruktiv logik*. Föreläsningsanteckningar. Uppsala 2002, ca 40 sidor. (Till försäljning vid matematiska institutionen. Kan också hämtas på nätet.)

[P2] Erik Palmgren, *Oavgörbara problem i elementär aritmetik*. Uppsala 2001, 14 sidor. (Till försäljning vid matematiska institutionen. Kan också hämtas på nätet.)

[S] Inger Sigstam, *Fullständighetssatsen för predikatlogik via sekventkalkylen*. Uppsala 1995. (Till försäljning vid matematiska institutionen.)

[vD] Dirk van Dalen, *Logic and Structure*. 3:e uppl. Springer 1997.

Kopior av relevanta avsnitt ur referenslitteratur och artiklar kommer att delas ut till kursdeltagare.

För den som är intresserad av mer teoretiska aspekter av intuitionistisk logik och Curry-Howard isomorfin rekommenderas dessutom

[M] Grigori Mints, *A Short Introduction to Intuitionistic Logic*. Kluwer Academic/Plenum Publishing 2000.

## Referenslitteratur

[CGP] Edmund M. Clarke, Orna Grumberg, Doron A. Peled. *Model-checking*. The MIT Press 1999.

[F] Melvin Fitting, *First-order logic and automated theorem proving*, 2:a uppl. Springer 1996

[G] Jean H. Gallier, *Logic for Computer Science: Foundations of Automated Theorem Proving*. Harper and Row 1986.

[K] Willem Klop, Term rewriting systems, *Handbook of Logic in Computer Science*, vol. 2. (S. Abramsky mfl. red.) Oxford University Press 1992.

[ML] Per Martin-Löf, *Intuitionistic Type Theory*. Bibliopolis 1984.

[R] Michael O. Rabin, Decidable Theories, *Handbook of Mathematical Logic* (J. Barwise red.) North-Holland 1977.

[S] Craig Smoryński. *Logical Number Theory I*. Springer 1991.

[ST] Anne S. Troelstra och Helmut Schwichtenberg, *Basic Proof Theory*. Cambridge University Press 1996.

## Literature in English

Some of the main course notes [P1], [P2] and [S] are in Swedish. The contents of [P1] can roughly be gotten by studying relevant parts of [vD] (intuitionistic logic, Kripke structures) and for the Curry-Howard isomorphism and negative translation relevant parts of

[P3] E. Palmgren. Constructive Mathematics. Course notes for Copenhagen Summer School in Logic. (Available on the course webpage.)

[A] J. Avigad. *Constructive Logic*.

Course notes available at URL: [www.andrew.cmu.edu/~avigad/](http://www.andrew.cmu.edu/~avigad/)

For type theory one should go to the source [ML]. The notes [P2] contains standard material from predicate logic and definability, completeness which can be studied in most logic books [vD], for instance. Decidability issues are treated at greater depth in

[BJ] G.S. Boolos and R.C. Jeffrey: *Computability and Logic*. Third ed. Cambridge University Press 1990.

The completeness proof in [S] can be found in Chapter VI of

[K] S.C. Kleene. *Mathematical Logic*. Wiley and Sons 1967.